

**1
Том**

**Международная научно-
практическая конференция**

**СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ НЕДР:
НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ
(к 100-летию МГРИ–РГГРУ)**

**1
Book**

**International research
and practice conference**

**STRATEGY OF GEOLOGICAL
EXPLORATION OF MINERAL
RESOURCES: PRESENT AND FUTURE**

(devoted to MGRI–RSGPU 100th anniversary)

**4–6 апреля 2018
Москва, МГРИ–РГГРУ**



**April 4–6, 2018
Moscow, MGRI–RSGPU**

Организаторы:

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Министерство природных ресурсов
и экологии Российской Федерации

АО «Росгеология»

Российская академия наук

Российский государственный
геологоразведочный университет имени
Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГРУ)

Organizers:

Ministry of Education
and Science of Russia

Ministry of Natural Resources and Environment
of Russia

JSC «Rusgeology»

Russian Academy of Sciences

Russian State Geological
Prospecting University
n. a. Sergo Ordzhonikidze (MGRI–RSGPU)

РАБОЧИЕ ЯЗЫКИ КОНФЕРЕНЦИИ РУССКИЙ И АНГЛИЙСКИЙ



Москва • НПП «Фильтроткани» • 2018

UDC 082 + [550.8+553](082)
LBC 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43
S83

S83 Strategy of Geological Exploration of Mineral Resources: Present and Future (devoted to MGRI–RSGPU 100th anniversary)

Strategy of Geological Exploration of Mineral Resources: Present and Future devoted to MGRI–RSGPU 100th anniversary. [Text]: materials of International research and practice conference / Russian State Geological Prospecting University n.a. Sergo Ordzhonikidze (MGRI–RSGPU). In 2 b. T. 1 / ed. team: V.A. Kosyanov, V.V. Kulikov, O.S. Bryukhovetskiy. – M.: Publishing office of RPE «Filtrotkani», 2018. – 626 c.

UDC 082 + [550.8+553](082)
LBC 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

Editorial team

Vadim Kosyanov, Vladimir Kulikov, Oleg Bryukhovetskiy

*The publication was implemented with the assistance of
employee MGRI–RSGPU
Vladimir RAFIENKO*

УДК 082 + [550.8+553](082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43
С83

С83 Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ–РГГРУ)

Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ–РГГРУ). [Текст]: материалы Международной научно-практической конференции / Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГРУ). В 2 т. Т. 1 / ред. коллегия: В.А. Косьянов, В.В. Куликов, О.С. Брюховецкий. – М.: Издательство НПП «Фильтроткани», 2018. – 626 с.

УДК 082 + [550.8+553](082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

Редакционная коллегия:

В.А. Косьянов, В.В. Куликов, О.С. Брюховецкий

*Издание осуществлено при содействии
сотрудника МГРИ–РГГРУ
РАФИЕНКО Владимира Алексеевича*

ORGANIZING COMMITTEE MEMBERS

Honorary chair

Eugene Kozlovsky, Vice-President of Russian Academy of Natural Sciences, Member of Supreme Mining Council of Russia, Minister of Geology of USSR (1975–1989), PhD (in Technical Sciences), Professor

Co-Chairmen

Vadim Kosyanov, Rector, Sergo Ordzhonikidze University

Roman Panov, Chief Executive Officer, «Rosgeologia»

Yurii Malyshev, President of Vernadsky State Geological Museum of Russian Academy of Sciences (RAS), Academician of RAS, President of the Academy of Mine

ORGANIZING COMMITTEE MEMBERS

E. Kiselev, Deputy Minister of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, Head of the Federal Agency for Subsoil Use

A. Varlamov, President of the Association of Geological Organizations, General Director of All-Russian Research Geological Oil Institute

V. Orlov, President of the Russian Geological Society

I. Spiridonov, Chief Executive Officer, «IMGRE»

N. Bortnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences

A. Dmitrievsky, Academician of the Russian Academy of Sciences

A. Lopatin, Academician of the Russian Academy of Sciences

V. Melnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences

V. Osipov, Academician of the Russian Academy of Sciences

K. Trubetskiy, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Counselor of RAS President, Vice-President of Mining Academy

O. Kuznetsov, President of the Russian Academy of Natural Sciences

V. Lisov, President of Sergo Ordzhonikidze University

O. Bryukhovetskiy, Rector Counselor on Research Issues, Sergo Ordzhonikidze University

A. Vercheba, Director, Geology of Mineral Resources Institute, Sergo Ordzhonikidze University

D. Gorobtsov, Dean, Hydrogeological Department, Sergo Ordzhonikidze University

N. Klochkov, Director, Modern Technologies of Geological Exploration, Mining, Oil and Gas Business Institute, Sergo Ordzhonikidze University

V. Kulikov, Vice-Dean on Academic Affairs, Sergo Ordzhonikidze University

N. Kurbanov, Director, Institute of Economics and Legislation for Subsoil Use, Sergo Ordzhonikidze University

A. Mazaev, Dean, Geoecology and Geography Department, Sergo Ordzhonikidze University

L. Khovrina, Head, Fundamental and Applied Scientific Research Department, Sergo Ordzhonikidze University

ОРГКОМИТЕТ

Почётный председатель:

Е.А. Козловский – Почётный Президент Ассоциации Геологических Организаций, вице-президент РАЕН, министр геологии СССР (1975–1989)

Сопредседатели:

В.А. Косьянов – ректор МГРИ–РГГРУ

Р.С. Панов – Генеральный директор АО «Росгеология»

Ю.Н. Малышев – Президент Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского Российской академии наук, академик РАН, Президент Академии горных наук

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА

Е.А. Киселёв – заместитель министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации – руководитель Федерального агентства по недропользованию

А.И. Варламов – Президент Ассоциации Геологических Организаций, генеральный директор ФГБУ «ВНИГНИ»

В.П. Орлов – Президент Российского геологического общества

И.Г. Спиридонов – Генеральный директор ФГБУ «ИМГРЭ»

Н.С. Бортников – академик РАН

А.Н. Дмитриевский – академик РАН

А.В. Лопатин – академик РАН

В.П. Мельников – академик РАН

В.И. Осипов – академик РАН

К.Н. Трубецкой – академик РАН, советник Президента РАН, вице-президент Академии горных наук

О.Л. Кузнецов – Президент РАЕН

В.И. Лисов – Президент МГРИ–РГГРУ

О.С. Брюховецкий – помощник ректора МГРИ–РГГРУ по научной деятельности

А.А. Верчеба – директор Института геологии минеральных ресурсов МГРИ–РГГРУ

Д.Н. Горобцов – декан гидрогеологического факультета МГРИ–РГГРУ

Н.Н. Клочков – директор Института современных технологий геологической разведки, горного и нефтегазового дела МГРИ–РГГРУ

В.В. Куликов – проректор по учебной работе МГРИ–РГГРУ

Н.Х. Курбанов – директор Института экономико-правовых основ недропользования МГРИ–РГГРУ

А.В. Мазаев – декан факультета геоэкологии и географии МГРИ–РГГРУ

Л.В. Ховрина – начальник Управления фундаментальных и прикладных научных исследований МГРИ–РГГРУ

S-I

**СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, СТРАТИГРАФИИ,
ТЕКТониКИ И ГЕОДИНАМИКИ**

МОРФОТЕКТОНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПУСТЫНЬ ИРАКА

Аль-Гурейри Ахмад С. Ясин, Дьяконов В.В., Наравас А.К.

gazon91@list.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

До недавнего времени в Ираке фактическими объектами углеводородов (УВ) была область юго-западного склона гор Загроса, переходящего в Месопотамский прогиб [6]. Этот прогиб во многом схож с Западным Предуральским [2], который известен промышленными запасами УВ [1]. При этом на пустынные районы Ирака, расположенные западнее, не обращали особого внимания. Разбурена без большого успеха только южная часть Ирака, вблизи границы с Кувейтом.

Однако последние исследования показывают перспективность на УВ и территории пустынь Ирака, включающие в себя Западную и Южную пустыни, которые расположены в основном на приподнятой Арабской плите и частично на Месопотамской равнине.

Большая часть Ирака расположена в пределах Месопотамской низменности, являющейся передовым прогибом, разделяющим докембрийскую Аравийскую платформу и молодые нагорья Альпийско-Гималайского подвижного пояса. Мощность земной коры в регионе оценивается мощностью до 100 км. Предполагаемая глубина залегания кровли фундамента в пустынях Ирака, по интерпретации аэромагнитных данных специалистов СССР "СГГ" (1974), составляет 7 – 10 км с преобладающим уклоном на север и северо-восток.

Чехольный комплекс представлен отложениями палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Палеозойский разрез слагают породы каменноугольной и пермской систем. Мезозойский комплекс представлен отложениями верхнего триаса, юры и мела. Кайнозой связан с комплексом палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений. Палеоген распространен в пустынях Ирака. Неогеновая система больше развита западнее долины р. Евфрат. Геологическая активность территории пустынь находится в прямой зависимости от глубинного долгоживущего разлома Евфрат, который фактически отделяет Арабскую плиту от Месопотамской впадины. Причем, эта территория оказалась тектонически активна в разные геологические периоды.

В результате полевых и камеральных геолого-геоморфологических исследований в районе Западной и Южной пустынь Ирака удалось восстановить существующую тектоническую активность района от миоцена до наших дней. Установлены причины и механизм неотектонических неоген-четвертичных подвижек земной поверхности. В результате выделены отдельные тектонические блоки с различной кинематикой и сопредельные блоки, образующие в целом зональные области поднятий или долин [5].

Главным региональным тектоническим модулятором послужила сложная трещинная система Евфратского разлома, которая имеет массу оперяющихся трещин различного порядка в фундаменте. Последние являются рельефообразующими для осадочного чехла, где установлены отдельные тектонические блоки с различными вертикальными перемещениями, направления и амплитуда которых определены в результате построения геолого-геоморфологических разрезов [5].

Области приподнятых блоков (например, поднятие Наджаф площадью 2 500 км²) создают пликативные купольные структуры в чехле, благоприятные для скопления УВ. Как известно, участки с доказанной нефтегазоносностью характеризуются, как правило, средними и высокими значениями плотности линеаментов. Прямой связи нефтегазоносности и

размаха неотектонических движений в мире не отмечено [3]. Однако их воздействие обычно сопровождается ухудшением экранирующих свойств покровов, в пределах интенсивно растущих структур и проникновением УВ в верхние горизонты чехла. При этом может происходить разрушение верхних залежей многопластовых месторождений и образование аномалий УВ у самой поверхности [4]. Сейсмическая активность территории способствует образованию временных путей фильтрации УВ из нижележащих залежей.

Так, недавние землетрясения в декабре 2017 г. и в январе 2018 г. (примерно одинаковой магнитуды $M 5,2$) в 35 км от г. Эль-Наджаф Эль-Ашраф, который расположен вблизи разлома Евфрат на одном из локальных поднятий проявилось образованием зияющих крупных трещин поверхности Земли с видимыми выделениями природных газов и битумов, что дает еще дополнительный аргумент в пользу перспективности поиска УВ в этом районе. Причем, перспективность УВ на восточном крае Арабской плиты по сумме признаков может оказаться актуальной, по аналогии с нефтеносной провинцией на восточном крае Восточно-Европейской платформы в России [1].

Выводы

1. На территории пустынь Ирака опережающие трещины к глубинному разлому Евфрат являются рельефообразующими для тектонических поднятий и прогибов в чехле, что проявилось в современном изменении положения и морфологии русел рек, а также пустынных долин за счет вертикальных перемещений.
2. Современный тектонический план территории пустынь Ирака от миоцена до наших дней сформировал сегментированно-зональные области осадочного чехла.
3. Области крупных зонально сгруппированных антиклинальных структур, или современных поднятий вблизи разлома Евфрат перспективны на углеводородное сырье.

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Уральская серия. 0-40. Масштаб 1:1 000 000. Третье поколение. Карта прогноза на нефть и газ. С-П., ВСЕГЕИ, 2015.
2. Караулов В.Б. Стратиграфия, геологические формации, тектоника (избранные труды). М., ГЕОС, 2015, 504 с.
3. Основы теории геохимических полей углеводородных скоплений. Коллектив авторов. Под ред. А.В. Петухова и И.С. Старобинца. М., 1993, 332 с.
4. Смирнова И.О., Русанова А.А. Использование материалов дистанционного зондирования при изучении геологического строения нефтегазоносных бассейнов и прогнозировании углеводородного сырья. Региональная геология и металлогения. ВСЕГЕИ, 2004, №4, с.95 – 104.
5. Al-Gurairy Ahmad S.Y., 2000. The Geomorphological Characteristics of The Stream of Euphrates River and its Branches of Al-Atshan and Al-Sebil Between Al-Shannafia and Al-Samawa, College of Arts – University of Baghdad, Baghdad, Iraq, p.162.
6. Yacoub Sabah Y., 2011. STRATIGRAPHY OF THE MESOPOTAMIA PLAIN, Iraqi Bull. Geol. Min. Special Issue, No.4, p. 47- 82.

ВЫЯСНЕНИЕ ГЕНЕЗИСА НЕКОТОРЫХ АССОЦИАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ ФЛОГОПИТА, ГУМИТА, АМФИБОЛОВ И АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ КОВДОРСКОГО ЖЕЛЕЗНОГО РУДНИКА

Бадьянова Л. В

Lovegood98@mail.ru, МГРИ-ПИТРУ, Москва, Россия

Ковдорское месторождение расположено в паре километров от города Ковдор, открыто в 1933 году, разрабатывается с 1962 года. Руды в основном представлены магнетитом, находящимся совместно с апатитом и оливином, преобладают руды с небольшим содержанием кальцита и флогопита. Часто встречается бадделлит, а также многочисленные редкие коллекционные минералы, из них 6 (ковдорскит, гирвасит, ёнаит, римкорольгит, красновит и стронциовитлокит) больше не встречаются нигде в мире. (<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/586394>)

Ковдорский массив представляет собой крупную интрузию центрального типа, которая 380 мл. лет назад прорвала древние биотит-плагиоклазовые гнейсы и гранито-гнейсы. Месторождение приурочено к одноимённому массиву ультраосновных - щелочных пород и карбонатитов. (http://wiki.web.ru/wiki/Ковдорское_месторождение). Карбонатитами называются эндогенные скопления карбонатов: кальцита, доломита, анкерита и др, пространственно и генетически связанные со сложными интрузиями пород ультраосновного и щелочного состава. (<http://lib.znate.ru/docs/index-19907.html> лекция 8 Карбонатитовые месторождения).

Актуальность исследования проблемы заключается в том, что до сих пор однозначно не установлено происхождение некоторых пород ковдорского железорудного месторождения и дальнейшего геологического строения. С каждым годом новые вскрышные работы Ковдорского железного рудника дают новые ассоциации минералов, однако изучение затруднительно в связи с возникающими проблемами описания и диагностики большинства пород и минеральных ассоциаций, а также из-за отсутствия специалистов в области минералогии и геологии. Ковдорское месторождение – уникальное месторождение не только из-за своего сложного геологического строения, но также из-за различных редких минералов, открытие которых, не имеет аналогов нахождения в мире. Данная работа посвящена образованию различных пород, дальнейшему подтверждению их генезиса, а также попытке реконструировать возникновение определённых минеральных ассоциаций в связи с физико-химической обстановкой.

В работе использовались следующие методы: петрографический, просмотр шлифов под поляризационным микроскопом, микрозондовый анализ минералов, а также метод РСА. В дальнейшем планируется продолжение исследования данного вопроса с последующими выводами.

Железо-магнезиальные слюды в Ковдорском массиве, наряду с магнетитом, являются минералами- индикаторами смены условий минералообразования. Для фоскоритов, слюдитов, кальцит-магнетитовых руд и кальцитовых карбонатитов характерен зелёный флогопит, имеющий очень магнезиальный состав, что отличает его от более железистых флогопитов из других минеральных ассоциации Ковдорского массива. Для магнетит-редкометалльных и доломитовых руд и карбонатитов характерны тетраферрифлогопиты - флогопиты с дефицитом Al в тетраэдрической позиции, замещенного Fe⁺³. Они характеризуются обратной схемой адсорбции и чрезвычайно характерны для карбонатитовых комплексов[Римская-Корсакова, 1964](<http://geo.web.ru/db/msg.html?uri=p4.htm&mid=1171484>) Поэтому на примере

некоторых минералов, которые ассоциируют со слюдами группы флогопита, рассмотрены процессы образования пород: флогопитовых слюдитов, тетраферрифлогопит-актинолит-кальцитовых, карбонатитов и магнетит-флогопит-апатит-кальцитовых руд.

Минерал клиногумит из группы гумита встречается в ассоциации с зелёным флогопитом, светло-серым мелкозернистым (сахаровидным) апатитом, белым кальцитом и магнетитом, причём возникают отдельные крупные (до 1 см) выделения чёрных кристаллов флогопита на более поздних генерациях зелёного флогопита. Скорее всего сначала образовался чёрный (тёмно-зелёный флогопит), потом началось образование насыщенного зелёного флогопита, а завершилось ростом светлых зелёных листочков более позднего минерала, также наблюдается изменение размера флогопита в связи со временем его кристаллизации из расплава и степенью размера минерала данной группы. Кристаллы клиногумита находятся в массе зелёного флогопита. Степень идиоморфизма выделений минерала группы гумита возрастает от периферии к центру. Наблюдается контакт флогопитового слюдита с магнетит-флогопит-апатитовой рудой, можно предположить, что образование клиногумита связано с контактовым метаморфизмом, с последующим гидротермальным изменением породы, отмечается серпентинизация по трещинам магнетитовой массы и образуется пирротин.

Титаноклиногумит-разновидность клиногумита, богатая Ti. Кристаллы имеют красновато-оранжевые насыщенные цвета, также есть отдельные тёмно-красные выделения. Их количество занимает 35-40% от общего числа кристаллов в породе. Размер зёрен достигает 1 см в длину и 4 мм в ширину. В тетраферрифлогопитовых карбонатитах, на примере минералов актинолита и рихтерита, можно наблюдать процесс гидротермального метасоматоза. Происходит изменение структуры и текстуры амфиболов, изменяется форма выделения минералов в краевой частях породы, формируется актинолит-асбест и рихтерит-асбест. В карбонатных породах, состоящих преимущественно из кальцита и пирита, где в небольшом количестве присутствует пирротин и флогопит, предположительно жильные тела, с вмещающими породами карбонатитов, кальцит встречается в нескольких генерациях и имеет различный габитус кристаллов. Дисульфиды сильно окислены. Формирование асбестовых форм выделения связано с гидротермальным метасоматозом. В похожих породах по минеральному составу сначала наблюдается сильная хлоритизация по кальциту, образуется тальк, а также выделения асбеста, флогопит приобретает зеленоватую окраску. В дальнейшем тальк-хлориты составляют практически всю породу, в которой хорошо образованы кристаллы пирита до 2см. Можно увидеть следы движения тальк-хлоритовых масс. Пирротин отсутствует. В ходе исследования появляются новые минералы, которые по своим параметрам также могут дать более точную информацию об обстановке формирования данных пород. Таким образом, на протяжении всей работы также будут анализироваться вновь полученные данные о минералах.

Литература

О.М. Римская-Корсакова, Н.И. Краснова. Геология месторождений Ковдорского массива / ОАО "Ковдор. ГОК". - СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. 146 с.
Генезис эндогенных рудных месторождений Автор(ы):Белевцев Я.Н., Беус А.А., Гинзбург А.И., Годлевский М.Н., Жариков В.А., Котляр В.Н., Никитин В.Д., Овчинников Л.Н., Смирнов В.И., Федорчук В.П., Шерба Г.Н., Эпштейн Е.М.Редактор(ы):Смирнов В.И.Издание: Недра, Москва, 1968 г., 719 стр., УДК: 553.061.12
Эпштейн Е.М. Геолого-петрологическая модель и генетические особенности рудоносных карбонатитовых комплексов

МАССИВЫ ДЕЗИНТЕГРИРОВАННЫХ ГРАНИТОИДОВ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КРАТОНА И ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Балуев А.С.¹, Терехов Е.Н.¹, Морозов Ю.А.²

albaluev@yandex.ru, ¹Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

²Институт физики Земли РАН, г. Москва, Россия

Одним из крупнейших конвергентных структурных швов, фиксирующим непосредственное соприкосновение Восточно-Европейского кратона и Западно-Арктической платформы является так называемый линеамент Тролльфьорд-Рыбачий-Канин (ТРК), именуемый также «линией Соколова» [4], или больше известный в западной литературе как разлом Тролльфьорл-Комагелъв [6]. На перешейке между п-овами Средний и Рыбачий и в юго-восточной части п-ова Рыбачий шов выражен взбросо-сдвигом; в юго-восточном направлении линеамент прослеживается в потенциальных геофизических полях через акваторию Баренцева моря и полуостровов Канин, а еще восточнее на континентальной части переходит в Западно-Тиманский глубинный разлом [5]. Прослеживается шов и в северо-западном направлении на п-ове Варангер.

Значимым фактом для расширения представлений о тектоническом строении и эволюции этого района можно считать открытие тел плагиогранитов в шовной зоне ТРК среди осадочных образований верхнего рифея. Сначала они были выявлены буровыми работами [2, 3], когда скважина непосредственно на перешейке между полуостровами вскрыла среди рифейских образований (на глубине 17 м) пластину катаклазированных плагиогранитов мощностью до 400 м с явно тектоническими контактами, отмеченными катаклазитами и глинками трения. Да и сам архейский фундамент оказался на гораздо меньших глубинах (1100 м), чем ранее давали геофизические данные (5-6 км). Это позволило поставить вопрос о шарьировании рифейского комплекса с севера на юг в сторону архейского блока и участия в надвиговых структурах тектонических пластин гранитогнейсового фундамента.

В дополнение к этому наши структурно-картировочные работы позволили выявить и оконтурить небольшое тело (протяженностью около 250 м при видимой мощности порядка десятка метров) катаклазированных гранитов на мысе Вестник, залегающее непосредственно среди осадочных пород рифея [1]. Детальное обследование показало, что плагиограниты и ассоциированные с ними гранито-гнейсовые разности находятся в предельно катаклазированном и дезинтегрированном состоянии и включают несколько тел крутозалегающих даек метабазитов, которые срезаются контактом с окружающими рифейскими породами. Сам контакт, безусловно, тектонический, так как срезает не только тела даек в плагиогранитах, но и тонкую слоистость в окружающей толще чередования песчаников и алевролитов рифея. Кроме того, он отмечен зоной интенсивного хрупкого дробления и перемешивания обломков соприкасающихся пород в меланократовом афонитовом субстрате, представляющим собой несомненный псевдотахилит, так как повсеместно образует жильные ветвистые инъекции в плагиогранитную катакластическую матрицу.

Sm-Nd изотопные исследования дезинтегрированных плагиогранитов (лаборатория геохронологии и изотопной геохимии ГИН КНЦ РАН) показали их модельный Sm-Nd возраст 2966 млн лет – время отделения от мантии. Двухточечная Sm-Nd изохрона по валовому составу и апатиту имеет возраст 1989±31 млн лет с $\epsilon_{Nd} - 9.5$ и отражает, скорее всего, время метаморфизма, то есть главного тектоно-термального события на Балтийском щите. Второй метаморфизм происходил в 1769±29 млн лет с образованием сульфидов – это время эксгумации метаморфических пород. Таким образом, изотопный возраст дезинтегрированных гранитов коррелируется с породами Мурманского блока Балтийского щита. Что касается дайки долеритов, секущей тело плагиогранитов (проба РВ 6/2), то согласно Sm-Nd данным, модельный Sm-Nd возраст протолита был 2996 млн лет. Скорее

всего, дайка имеет возраст 1333 ± 160 млн лет по пириту, породе и плагиоклазу, она сильно контаминирована коровым материалом, поскольку $\epsilon Nd(T)$ равен 13 ± 0.7 . То есть она может быть рифейской и отвечать началу дробления фундамента на начальной стадии континентального рифтинга, приведшего к формированию палеорифтовой системы Белого моря.

В целом, тело плагиогранитов образует полого залегающую пластину, «вклиненную» между двумя толщами рифейских отложений – вышележащими полимиктовыми валунными конгломератами и подстилающим горизонтом тонкого чередования песчаников и черных алевролитов. Этот контакт, как и пластиноподобное тело плагиогранитов, претерпел наложенные складчато-разрывные деформации как минимум двух кинематических стадий, и сам по себе свидетельствует о проявлении мощного тектонического события, предшествовавшего складчатости и двухэтапным сдвиговым перемещениям по зоне разлома ТРК – шарьированию толщ рифея с севера на юг в сторону архейского кратона [1]. Судя по всему, именно на этом этапе была сформирована шарьяжно-надвиговая структура всего региона, элементы которой выявляются на п-ве Средний и частично на п-ве Рыбачий.

К востоку от п-ова Рыбачий в пределах прибрежной акватории на продолжении линеамента ТРК на Карте локальных аномалий гравитационного поля Кольского шельфа фиксируются вытянутые в цепочку линейно-дуговые довольно интенсивные отрицательные аномалии, которые могут отражать разуплотненные участки горных масс, соответствующие массивам дезинтегрированных гранитоидов, подобных описанному на мысе Вестник. Таким образом, можно констатировать, что в зоне разломного шва ТРК среди терригенной толщи рифея выявлены массивы дезинтегрированных гранитоидов, первично принадлежащих архейскому кристаллическому фундаменту и впоследствии тектонически выжатых в верхние горизонты в виде протрузий. Такие погребенные массивы дезинтегрированных гранитов могут обладать коллекторскими свойствами, что позволяет отнести их к перспективным интрагранитным ловушкам УВ.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0135-2016-0012 при поддержке гранта по проекту № 0135-2018-0046 Программы Президиума РАН.

Литература

1. Балуев А.С., Морозов Ю.А., Терехов Е.Н., Баянова Т.Б., Тюпанов С.Н. Тектоника области сочленения Восточно-Европейского кратона и Западно-Арктической платформы // Геотектоника. 2016. № 5. С. 3-35.
2. Куликов Н.В., Коновалов В.А., Медведев С.А., Чигвинцев В.Д. Новые данные о геологическом строении севера Кольского полуострова // Разведка и охрана недр. 2007, №4. С. 22-25
3. Медведев С.А., Медведев Ст.А., Коновалов В.А. Новые данные о геологическом строении северной части Кольского полуострова (блок Рыбачий-Средний) // Отечественная геология. 2009. № 6. С. 60-65.
4. Митрофанов Ф.П., Предовский А.А., Любцов В.В., Чикирев И.В. Структурная зональность прибрежной области Кольского полуострова в связи с перспективами ее нефтегазоносности // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 1. С. 151-160.
5. Оловянишников В.Г. Геологическое развитие полуострова Канин и Северного Тимана. Сыктывкар: Геопринт. 2004. 80 с.
6. Siedlecka A. (1985). Development of the Upper Proterozoic sedimentary basins of the Varanger peninsula, East Finnmark, North Norway // Geol. Surv. FinlBull: 1985. Vol. 331. P.175-185.

КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ МЕЛ И ДИНОЗАВРЫ МОНГОЛИИ.

Барсболд Р.

maspaleo@gmail.com Институт палеонтологии и геологии МАН, Улаанбаатар, Монголия

Меловая система занимает особое место среди стандартных подразделений фанерозоя страны. Она состоит из сложного сочетания множества континентальных фаций, выразительно отражавших многообразие обстановок осадконакопления, смены палеоклиматических режимов и зачастую формировавших крайне благоприятные тафономические условия, приводившие к сохранению в палеонтологической летописи многих органических групп - позвоночных, беспозвоночных и растительности. Среди них наиболее широко известны динозавры, богатые местонахождения которых были открыты в Монгольской Гоби в 1920-х и 1940-х гг. (1,2). Окаменевшие образцы динозавров, нередко высокой степени сохранности, представляют не только замечательный и самостоятельный объект для детального изучения и широкого сопоставления, но успешно применяются в установлении локальных условий среды, особенностей развития экосистем (3), а также пока отдельных черт взаимоотношений внутри сообществ и таких, трудно уловимых аспектов, как поведение динозавров, не сохраняющихся в ископаемом состоянии. Меловой период самый протяженный в фанерозое по абсолютной продолжительности (80 млн. лет). Ранний и поздний мел, близкие по продолжительности, но в Монголии они почти во всем не только контрастно различались, но зачастую по качественным характеристикам представляли почти прямую противоположность. Нижний мел распространяется практически по всей территории страны (за исключением областей горных поднятий и районов, почти полностью перекрытых более молодыми отложениями). Верхний мел ограничен в распространении гобийской зоной на юге страны. Ранний мел был назван "периодом бассейнов" (4), обширных, но неглубоких озер. Климат был гумидным, относительно теплым. В геохимии ландшафтов господствовали восстановительные условия. Нижний мел представляет последний этап в формировании угольных месторождений в стране. В ископаемом состоянии встречаются беспозвоночные и обильная растительность - отпечатки листьев, спора и пыльца, особо отмечаются остатки крупных окаменевших стволов (5). Захоронения динозавров относительно редки, сохранность костей часто неполная. Верхний мел во многом противопоставляется нижнему: обстановка окислительная, угольные месторождения и окаменевшие стволы деревьев отсутствуют, растительность сохраняется лишь в редких горизонтах, сохранявших восстановительные условия. Во множестве захороняются остатки динозавров (6,7) и других позвоночных, а также беспозвоночных - остракоды и моллюски. Климат аридный, семиаридный, с сезонными отличиями. Водные бассейны сокращены. В верхнем мелу выделяется аридная зона с красноцветными, зачастую донными отложениями, также оседавшими в междонных озерах и прудах (8,9). Аридная зона фиксируется во времени (ранний сенон?) и пространстве в районах от юго-востока до юго-запада Монгольской Гоби. Это единственный горизонт с одним из двух главных поздне меловых динозавровых суперкомплексов Гоби. Развитие монгольских динозавров пока ограничивается меловым периодом, последним и продолжительным этапом их расцвета в глобальном масштабе. Ранний мел значительно уступает позднему, включающему почти 95 % видового состава зафиксированных в стране динозавров. Связи монгольских динозавров были обширные и разнообразные: в раннем мелу преобладали связи с северо-востоком Китая, с биотой Джекхол (Jehol), включающей пернатых

динозавров и птиц (10). Один из главных видов динозавров биоты пситтакозавр был найден в Гоби и позднее в Сибири и Дальнем Востоке задолго до открытия самой биоты в Китае. Захоронения раннемеловых динозавров в Гоби, исключая беспозвоночных и обильную растительность, уступают китайским. При сходстве экосистем фауны в Китае захоронялись в особо благоприятных геологических условиях с участием вулканического пепла. В позднем мелу в Гоби все существенно изменяется—развитие древних дюн и их рассеяние в водоемах способствовали захоронению полноценного костного материала, фиксируя колониальный и стадный образ жизни динозавров, сохраняя неповторимые образцы, к примеру, “Динозавра, высидившего яйца в гнезде”, а также “Дерущихся Динозавров”, как демонстрацию ископаемой системы “жертва-хищник”. Аридный и полуаридный климат, формирование условий для массового накопления и захоронения масштабного разнообразия динозавров, свидетельствуют о необычно благоприятной тафономической обстановке позднего мела (11), датированного поздним сеноном. В это время происходит переворот и в связях динозавровых сообществ - они перекинулись из Центральной Азии в Северную Америку через Берингов “мост”, сыгравший большую роль в природных связях двух материков в позднем мелу и послемеловое время. На путях межконтинентальных миграций динозавры из Монгольской Гоби и Северной Америки находили подходящие ниши в близком и отдаленном соседстве от магистрального направления, занимали и осваивали их, способствуя тем самым развитию меловых динозавровых сообществ в Сибири, Дальнем Востоке, Японии, Китае.

Литература.

1. Andrews R.C. 1932. The New Conquest of Central Asia. Am. Mus. Nat. Hist., NY, 678 pp.
2. Ефремов И.А. 1954. Палеонтологические исследования в Монгольской Народной Республике. Тр. Монг. Комиссии АН СССР, 59:3-32.
3. Badamgarav D., Yo. Khand, R. Barsbold. 1995. Non-Marine Cretaceous of Mongolia. - The Cretaceous System in East and South Asia. Newsletter spec. Issue, 2, IGCP:17-23.
4. Morris Fr. K. 1936. Central Asia in Cretaceous time. Bull. Geol. Soc. Amer. 47:1477-1533.
5. Barsbold R. 2008. Non-marine Lower Cretaceous of Mongolia and necessity of dinosaur hunting. Recent progress in study of Asian dinosaurs and paleoenvironments. Internat. Dinosaur Symposium, Fukui, abstr. pp. 23-26.
6. Gradzinski R. 1970. Sedimentation of Dinosaur-bearing Upper Cretaceous deposits of the Nemegetu basin, Gobi Desert. Paleontol. Polon. 21:147-229.
7. Барсболд Р. 1983. Хищные динозавры мела Монголии. Тр. Совм. Сов.-Монг. Палеонт. Экспед. 19: 1-117.
8. Barsbold R., D. Badamgarav, Yo. Khand. 2011. Late Cretaceous Dunes in the Gobi Desert (Mongolia). Abstr., Bull. IGCP 507, pp.34-35., Beijing, China.
9. Gradzinski R., Jerzikiewicz T. 1974. Dinosaur- and mammal-bearing aeolian and associated deposits of the Upper Cretaceous in the Gobi Desert (Mongolia). Sediment. Geol. 12:249-278.
10. Chen P. 1988. Distribution and migration of the Jehol fauna with reference to non-marine Jurassic-Cretaceous boundary in China. Acta Palaeontologica Sinica 27:659-683.
11. Fastowsky D.E., Watabe M., Badamgarav D., Johnson K.R., Hicks J., Nichols D.J., and Weishampel D.B. 1998. Late Cretaceous dinosaur-bearing paleoenvironments, Gobi Desert, Mongolia. In: Wolberg D.I., Gittisid K., Miller S., Carey I., and Rayner A. (eds). The Dinofest Symposium, Academy of Nat. Sci., Philadelphia, pp.14-15.

СОВМЕСТНЫЕ НАХОДКИ КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРДСКИХ И КИМЕРИДЖСКИХ РАДИОЛЯРИЙ И АММОНИТОВ НА ВОСТОЧНО- ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЕ

Вишневская В.С.^{1,2}, Митта В.В.²

valentina.vishnaa@mail.ru, ¹Геологический институт РАН, Москва, Россия,

²Палеонтологический институт РАН, Москва, Россия

Совместные находки келловейских радиолярий с аммонитами были описаны из кремнистых известняков районов Аляски и Орегона Северной Америки (Blome, 1984), северо-западной Сицилии Южных Альп (Вессаго, 2006), а также туфов с позднелаттисимыми тетическими аммонитами родов *Choffatia*, *Putealicerias* и *Lunuloceras* в разрезе горы Семглавой Северо-Востока России и меланжа Японии с *Keplerites* и *Choffatia* (Вишневская, Филатова, 2008).

Совместные находки оксфордских радиолярий с аммонитами описаны в глинах ермолинской свиты Московской области (Устинова и др., 2014), где радиолярии имеют тетический облик, фосфоритовых конкрециях Ярославской области (Брагин, Киселев, 2013).

Совместные находки раннекимериджских радиолярий с аммонитами известны в фосфоритах Сысольского района, где Худяев (1931) описал новые виды *Cenospaera komiensis* Khudyaev, *Cenospaera syssolae* Khudyaev, *Carposphaera affinioides* Khudyaev, *Cornutanna ovalis* Khudyaev, *Cyrtocapsa rüsti* Khudyaev, *Dicolocapsa trapezoidalis* Khudyaev, *Dictyomitra multipora* Khudyaev, *Dictyomitra spicularis* Khudyaev, *Dictyomitra biporosa* Khudyaev, *Lithapium supraspinosum* Khudyaev, *Lithocyclia ovalis* Khudyaev, *Lithocampe syssolaensis* Khudyaev, *Phormocampe favosa* Khudyaev, *Stichocapsa chabakovi* Khudyaev, *Stichocapsa regularis* Khudyaev, *Stichocapsa quadripora* Khudyaev, *Stichocapsa kassini* Khudyaev, *Stichocapsa zurgjanica* Khudyaev, *Stichocapsa wisingiana* Khudyaev, *Tricolocapsa multipora* Khudyaev, в фосфоритах бассейна верхней Вятки и Камы, где А.В. Хабаковым (1937) описано 2 новых рода и 21 новый вид *Stylosphaera* Khabakov, *Cenellipsis ovum* Khabakov, *Porodiscus glomus* Khabakov, *Porodiscus intumescens* Khabakov, *Haeckelella* Khabakov, *Haeckelella rüstrü* Khabakov, *Dictyastrum triceps* Khabakov, *Rhopalastrum subretusum* Khabakov, *Amphibrachium flexuosum* Khabakov, *Kassinia* Khabakov, *Kassinia kassini* Khabakov, *Dictyomitra lata* Khabakov, *Dictyomitra latissima* Khabakov, *Dictyomitra conica* Khabakov, *Lithomitra splendens* Khabakov, *Lithomitra dolium* Khabakov, *Siphocampe alexandrae* Khabakov, *Siphocampe alexandrae* var. *wjatensis* Khabakov, *Siphocampe tanella* Khabakov, *Siphocampe rosstrata* Khabakov, *Lithocampe gracilis* Khabakov, *Stichocapsa globosa* Khabakov. Поскольку все виды описаны по шлифам и снабжены только схематичными рисунками, то они являются *nomen nudum* и требуют ревизии.

В нижнекимериджских глинах Тимано-Уральской области, где Г.Е. Козлова (1971) определила 17 видов, 6 из них новые виды *Hagiastrum squama* Kozlova, *Hagiastrum crassum* Kozlova, *Stylosphaera* (?) *asperalla* Kozlova, *Carposphaera dupla* Kozlova, *Staurodictya retusa* Kozlova, *Spirema* (?) *sphaerica* Kozlova. которые были изображены в статье Козлова (1971), а описаны позже (Козлова, 1973).

Совместные находки киммериджских радиолярий с аммонитами описаны из Подмосковья (Брагин, 1997), Тимано-Печорского бассейна (Вишневская, 1998; Вишневская, Козлова, 2012; Вишневская, Пральникова, 1999).

Нами киммериджские радиолярии встречены в Калужской области в слоях с *Aulacosterphanus* на правом берегу р. Серена, в заброшенном карьере в 5 км на северо-восток от ж/д ст. Липицы (Сухиничский район) среди спонголитов, которые относятся к калужской свите или толще (Митта и др., 2016), стратотип которой был выбран А.Г. Олферьевым (2012) у с. Копцево Мещевского р-на в левом склоне р. Серены. Калужская свита (Олферьев, 2012) сложена глинистыми трепелами и глауконитовыми глинами, ингрессивно выполняет правый

Копцевский приток Медынской палеодолины и с размывом залегаёт на ермолинской свите, а перекрывается берриасом, низы свиты, по-видимому, принадлежат ещё нижнему кимериджу, но основная её часть принадлежит верхнему подъярису кимериджа, что подтверждается находками аммонитов *Aspidoceras acanthicum* (Opp.) - тетической принадлежности, *A. longispirum* (Sow.), *Aulacostephanus eudoxus* (d'Orb.), *A. pseudomutabilis* (Lor.), *Amoeboceras volgae* Pavl.

В районе Обояни и Рыльска на западе Курской обл. А.Г. Олферьевым (2012) отмечалась спонголитов с радиолариями в рыльской толща, возраст которой оценивается как позднеоксфордско-волжский. Сходство спонголитов Калужской области Московская синеклизы и Курской области Украинской синеклизы, позволяет проследить пути миграции южноевропейских аммонитов и тетических радиоларий в Суббореальную провинцию.

Исследование было частично поддержано РФФИ, проект № 18-05-00501 и Программой Президиума Российской академии наук “Происхождение и Развитие Биосферы”.

Литература

- Брагин Н.Ю., Киселев Д.Н. Радиоларии из верхнеюрских (среднеоксфордских и верхнекимериджских) отложений Ярославской области // Стратиграфия. Геол.корреляция. 2013. Т.21. №6. С.62-71
- Вишневская В.С., Пральникова И.Е. Юрские радиоларии севера России // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1999. Т. 7. № 5. С. 64-83
- Вишневская В.С., Филатова Н.И. Корреляция юрско-меловых кремнисто-вулканогенных отложений северо-западного обрамления Тихого океана (Корякское нагорье) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16, № 63. С. 70-91.
- Козлова Г.Е.О находке радиоларий в нижнекимериджских отложениях Тимано-Уральской области // Докл. АН СССР, 1971, том 201, № 5, с. 1175-1177.
- Козлова Г.Э. Новые виды раннекимериджских радиоларий Тимано-Уральской области // Новые виды древних растений и беспозвоночных. Ленинград, Недра, 1973.
- Митта В.В. Состояние и перспективы совершенствования региональной стратиграфической схемы юрских отложений Восточно-Европейской платформы // Состояние стратиграфической базы центра и юго-востока Восточно-Европейской платформы. М.: ФГБУ «ВНИГНИ», 2016. С. 95-101.
- Олферьев А.Г. Стратиграфические подразделения юрских отложений Подмосковья // Бюл. МОИП, отд.геол., 2012. Т.87. вып.4. С.32-55.
- Устинова М. А., Маленкина С. Ю., Вишневская В. С. Микропалеонтологическая характеристика верхнеоксфордских и средневолжских отложений (верхняя юра) // Бюллетень МОИП, отд. геол. 2014. Т. 89. Вып. 3. С. 19-32.
- Хабаков А.В. Фауна радиоларий из нижнемеловых и верхнеюрских фосфоритов бассейна верхней Вятки и Камы. Ежегодник ВПО, т. XI, 1937. С.90-120.
- Худяев И.Е. О радиолариях в фосфоритах Сысольского района – Труды Глав. Геол.-развед. Управления В.С.Н.Х., в. 46, М.-Л.,1931, с. 1-48
- Beccaro P. Radiolarian biostratigraphy of Middle-Upper Jurassic pelagic siliceous successions of Western Sicily and the Southern Alps (Italy). *Mém. Géol. Lausanne* 2006. № 45, 1—114.
- Blome C. D. Middle Jurassic (Callovian) Radiolarians from Carbonate Concretions, Alaska and Oregon // *Micropaleontology* Vol. 30, No. 4 (1984), pp. 343-389.
- Bragin N.Yu. Radiolaria from the phosphorite basal horizons of the Volgian stage in the Moscow region (Russia). *Revue de Micropaleontologie*. 1997. Vol.40, no. 4, pp.285-296.
- Gorka, H. & Bąk, M., 2000. Early Oxfordian Radiolaria from Zalas quarry, Krakow Upland, South Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 70: 165-179.
- Vishnevskaya V.S. The Domanikoid facies of the Russian Platform and the basin paleogeography. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle* (Paris), 1998. 177: 45–69.
- Vishnevskaya, V.S. and Kozlova, G.E. Volgian and Santonian–Campanian radiolarian events from the Russian Arctic and Pacific Rim. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2012. 57 (4). P. 773–790.

О ДИФFUЗНОСТИ ГРАНИЦЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА И КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Гайдаленок О.В., Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Маринин А.В., Соколов С.А.

ogaydalen@yandex.ru, ГИН РАН, Москва, Россия

Начиная с образования в олигоцене Керченско-Таманского прогиба (*КТП*) роль его восточного ограничения играл Анапско-Джигинский разлом сбросового типа [1, 9]. К западу от разлома происходит резкое погружение структур Северо-Западного Кавказа (*СЗК*) под *КТП*, выполненный мощной майкопской серией (более 5 км) [9]. Другими исследователями юго-восточная граница *КТП* проводится по выраженному резким погружением к северо-западу меловых отложений Кизилташскому глубинному разлому северо-восточного простирания сбросового типа, заложение которого произошло в раннеолигоценовое время [3]. Оба упомянутых разлома являлись конседиментационными и играли ведущую роль на доорогенном олигоцен-миоценовом этапе развития. Однако на стадии формирования горного сооружения Кавказа ни Анапско-Джигинская, ни Кизилташская разломные зоны не проявляются в рельефе.

В плиоцен-четвертичное время на орогенном этапе активизировалась расположенная восточнее Абраусская зона (*АЗ*) деформаций (название введено авторами), ограничивающая с запада горное сооружение *СЗК*. *АЗ* отчетливо проявляется в рельефе. Ранее она описывалась фрагментарно [6, 5] и считалась одной из внутренних поперечных разрывных зон *СЗК*. *АЗ* представлена цепочкой грабенообразных впадин, выполненных вложенными в них четвертичными осадками (свидетельствующих о новейших опусканиях данных блоков), и контрастно погруженных на фоне соседних к востоку хребтов. Амплитуда вертикальных деформаций в *АЗ* составляет от 500–600 м до 1 км [8]. Морфоструктурные исследования позволили установить, что к востоку от *АЗ* развит инверсионный рельеф (синклиналильные поднятия и антиклинальные впадины), что свидетельствует о более длительном периоде существования здесь складчатого сооружения как орогенного поднятия, в то время как западнее зоны резко преобладает прямой складчатый рельеф [7]. Восточнее *АЗ* присутствуют плиоценовые поверхности выравнивания [8], что также свидетельствует о плиоцен-четвертичной активности зоны. Согласно тектонофизическим данным А.В. Маринина, в южной части Абраусской зоны проявлен структурный парагенез, выраженный системами сбросов и отрывов северо-восточного простирания и вызванный растяжением северо-западной ориентировки. Все эти данные подтверждают вывод о сбросо-раздвиговом характере *АЗ* и указывают на ее более молодой возраст относительно Анапско-Джигинской, и на более длительный период существования горного сооружения к востоку от *АЗ*.

Область между восточным бортом *КТП* и *АЗ* деформаций может рассматриваться в качестве диффузной западной границы *СЗК*. В пределах данной области происходит смена направления осей складчатости с общекавказского западнее диффузной границы до субширотного в восточной части Керченско-Таманской области (*КТО*) [4, 8], что подтверждается изгибом осей гравитационных аномалий [3]. Кроме того, здесь происходит смена вергентности складчатости с северной к востоку от *АЗ* на южную к западу от нее [3]. Особый характер этой области также подтверждается соотношением геофизических полей. Здесь положительная гравиметрическая аномалия вдается на север, что отражает строение нижних горизонтов земной коры, а подковообразный выступ магнитной аномалии вытянут в южном направлении отображает структуру верхних горизонтов [3]. Область проявляется также в распределения сейсмичности, которая отмечается на всем простирании от континентального склона Черноморской впадины до Азовского моря. При этом максимум активности приурочен к западному крылу *АЗ*. Новые тектонофизические данные А.В. Маринина указывают на сложную структурно-кинематическую обстановку в пределах диффузной области: фиксируется как обстановка растяжения, так, местами, сжатия и сдвига (правого и левого), что говорит об интенсивном дроблении между двумя крупными разломными зонами.

Интересно, что в пределах диффузной области, в районе п-ова Абрау, расположен максимум региональной положительной гравитационной аномалии. На всем протяжении Большого Кавказа нет ни одной гравиметрической аномалии сопоставимой с ней по интенсивности. Интерпретировать аномалиеобразующий объект, глубина залегания которого находится на отметках 4-6 км, можно как часть Закавказской плиты [3], пододвинутую под горно-складчатое сооружение *СЗК* в зоне Кизилташского глубинного разлома. Такая интерпретация объясняет особенности проявления диффузной границы *КТО* и *СЗК*.

Изменчивость ориентировки вектора сжатия рассматриваемой области связана со сменой направления движения Аравийской плиты с северо-восточного на меридиональное в плиоцен-четвертичное время [2]. Причем находясь на линии перегиба осей складчатости, аномалиеобразующий объект, судя по всему, вносит вклад в изменение вектора сжатия и имеет отношение к возникновению раздвиговой компоненты кинематики диффузной области (прежде всего, в пределах *АЗ*). Дополнительным объяснением разрывного характера *АЗ* деформаций может являться то, что если на раннем этапе становления горно-складчатого сооружения Кавказа деформируемый материал был более пластичен, что выражалось в развитии складчатости, то на позднем этапе стала преобладать хрупкая деформация консолидированных толщ.

Таким образом, в разное время ведущую роль играли разные зоны – вначале ведущей была конседиментационная Анапско-Джигинская зона, а на этапе формирования горного сооружения она себя в рельефе не проявила, а проявила *АЗ*. Анапско-Джигинская зона ограничивает *КТП* с востока, в то время как *АЗ* западным ограничением горного сооружения *СЗК*, между которыми расположена диффузная область, характеризующаяся сложной кинематикой. Ее развитие может быть объяснено изменением направления оси сжатия с северо-восточного на меридиональное, что подтверждается морфоструктурными и тектонофизическими данными.

Авторы выражают искреннюю благодарность Трифонову Владимиру Георгиевичу за консультацию и поддержку.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-05-00122.

Литература:

1. Геология СССР, т.9. Северный Кавказ. М.: Недра, 1968, 759 с.
2. Гиоргблани Т.В. Условия формирования складчатой системы Большого Кавказа: этапы, механизмы и геодинамика тектогенеза // Четвертая тектонофизическая конференция ИФЗ РАН. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Доклады всероссийской конференции, в 2-х томах. Т. 1. М.: ИФЗ. 2016. С. 40-47
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. Издание второе. Серия Кавказская - Лист L-37-XXVI (Новороссийск). Объяснительная записка / С.Г. Корсаков, Е.В. Белуженко, В.И. Черных, В.В. Соколов, В.М. Андреев, С.К. Шелтинг. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. 186 с.
4. Маринин А.В., Сим Л.А. Новейшее напряженное состояние и деформации на западном погружении Большого Кавказа // Геотектоника, 2015, № 5. С. 62-77
5. Несмеянов, С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа: (Опережающие исслед. для инж. изысканий). М.: Недра, 1992. – 253 с.
6. Перерва В.М. Соотношение рельефа и блоковой структуры краевой зоны северо-западного погружения Большого Кавказа // Геоморфология. 1981. №3. С. 72 - 77.
7. Трихунков Я.И. Неотектонические преобразования кайнозойских складчатых структур Северо-Западного Кавказа // Геотектоника. М.: Наука, 2016. №5, стр. 67 – 81.
8. Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Гайдаленок О.В. Новейшие тектонические структуры зоны сочленения Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской области // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Том 2. Материалы I Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2018. С. 282-289.
9. Хаин В.Е. Попков В.И. Тектоника южного обрамления Восточно-Европейской платформы (Объяснительная записка к тектонической карте Черноморско-Каспийского региона. Масштаб 1:2500000) / Под ред. В.Е. Хаина, В.И. Попкова. Краснодар: Кубан. гос. ун-т, 2009. 213 с.

РЕЖИМ СОВРЕМЕННОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗАПАДНО-ТИХООКЕАНСКОЙ ОСТРОВОДУЖНОЙ ОКРАИНЫ НА ОСНОВЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Гусева И.С.

gusewa.irin2011@yandex.ru, Университет «Дубна», Дубна, Россия

В сейсмологии под землетрясением понимают не только колебание земной поверхности, но и процесс разрушения, нарушения сплошности Земли в некоторой области — области очага землетрясения, в пределах которой потенциальная упругая энергия, запасённая в недрах планеты, переходит в кинетическую энергию колебаний, уносимую из очага сейсмическими волнами [3]. Высоким уровнем сейсмичности с большим числом катастрофических землетрясений характеризуются районы зоны субдукции Тихоокеанской океанической литосферной плиты под континентальную [1]. Однако каждая дуга Тихого океана имеет своё уникальное геодинамическое формирование, развитие и историю, отличающую её от соседней островной дуги. Благодаря проведению сравнительного анализа временных вариаций сейсмичности стало возможным дать характеристику режима современной геодинамической обстановки островодужной окраины Тихого океана и сделать вывод о синхронности вариаций сейсмической активности рассматриваемых островных дуг. Проведение такой работы является значимым, потому что проблема прогноза землетрясений является актуальной в настоящее время.

В представленной работе были изучены следующие островные дуги: Курило-Камчатская, Сахалино-Японская, дуга Рюкю, Тайваньско-Филиппинская дуга, Марианская дуга, Малайский архипелаг (включающий восточную часть Зондских островов и Молуккские острова), Соломоновы острова и архипелаг Бисмарка, острова Новые Гебриды (Вануату) и Новая Каледония, Новозеландский архипелаг.

Островодужные системы северной и западной периферии Тихого океана в самом общем виде имеют похожее геоморфологическое и геотектоническое строение. Можно выделить три группы островодужных систем, отличающихся строением входящих в них региональных систем.

К первой группе относятся островные дуги Азиатского сегмента Тихого океана: Алеутская, Курило-Камчатская, Японская, Идзу-Бонинская, Южно-Японская (Накэй-трог), Рюкю-Кюсю (Нансей-Сайто), Манильская, Филиппинская, Марианская, Яп и Палауская. Эти островные дуги обладают большим радиусом искривления, а вершины дуг островов и глубоководных океанских желобов обращены к океану [4].

Островодужные системы Азиатско-Австралийского сегмента Тихого океана располагаются между Азией и Австралией. Впадины десяти расположенных здесь морей разделяются протяжёнными линиями надводных и подводных хребтов и линейно вытянутыми архипелагами островов, у подножий которых располагаются узкие и глубокие желоба-троги и желобообразные депрессии [4]. Среди рассматриваемых в работе островодужных систем к островным дугам Азиатско-Австралийского сегмента Тихого океана относятся дуги Зондских и Молуккских островов.

Наконец третий тип островных дуг Западной окраины Тихого океана — островные дуги Австралийского сегмента. Важная отличительная черта островных дуг Австралийского сегмента — наличие двойной линии глубоководных желобов. Вторая отличительная особенность состоит в том, что в этих неоканских глубоководных желобах и на ограниченных ими островных линиях проявляется исключительно высокая сейсмичность, а сейсмофокальная поверхность наклонена под островные линии, навстречу сейсмофокальной поверхности в объединённых северной и восточной линиях глубоководных океанских желобов [4]. К третьему типу островных дуг Западной окраины Тихого океана среди рассматриваемых дуг относятся Соломоновы острова и архипелаг Бисмарка, дуга Новых Гебридов (Вануату) и Новозеландская островная дуга.

Анализ тенденций изменения активности землетрясений во времени проведен с помощью сопоставления временных рядов количества землетрясений, построенных на основе выборок из каталога USGS [5]. Выборки сейсмических событий за период с 1973 по 2015 г. производились, начиная с M от 4.3. Для каждого из рассмотренных регионов выполнен анализ распределения гипоцентров по глубинам, выделены наиболее сейсмоактивные горизонты [2].

Временной анализ сейсмической активности всех островных дуг Западно-Тихоокеанской окраины в пределах определённых горизонтальных уровней проводился с помощью графиков временных вариаций, построенных на основе временных рядов, рассчитанных для каждой выборки событий. Так, для каждого сейсмоактивного уровня каждой выборки, соответствующей определённой островной дуге, были рассчитаны временные ряды годовых сумм, ряды годовых сумм со скользящим осреднением по пяти годам и сдвигом в 1 год, ряды годовых сумм со скользящим осреднением по десяти годам и сдвигом в 1 год.

В результате проведённой работы можно сделать ряд выводов о режиме современной геодинамической обстановки Западно-Тихоокеанской островодужной системы.

1. Современное сеймотектоническое развитие островных дуг Западно-Тихоокеанской окраины определяется процессом субдукции, однако формирование большинства архипелагов происходило независимо от других, а потому имеются геотектонические особенности, отличающие островные дуги Северо-Западной Пацифики от Юго-Западной;

2. Не было обнаружено корреляции в ходе сейсмичности «по вертикали» в пределах отдельно взятых островных дуг;

3. Выявлена синхронность вариаций сейсмичности островных дуг Западно-тихоокеанской окраины по латерали — на уровне верхней коры, нижней коры и верхней мантии;

4. В пределах названных уровней наблюдается согласованность в активизации/затухании сейсмичности как островных дуг, расположенных рядом, так и находящихся в разных концах Тихоокеанского кольца;

5. Наибольшая синхронность временных вариаций сейсмичности проявляется на уровне верхней мантии.

Подобное исследование хода сейсмической активности островных дуг Западно-Тихоокеанской окраины на разных масштабах временного осреднения имеет особую значимость, т.к. позволяет увидеть некоторые закономерности развития региона, которые можно будет использовать в качестве предпосылок для среднесрочного прогноза сейсмической опасности.

Литература:

1. Аглонов С.В. Геодинамика: Учебник. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. — 360 с.
2. Архипова Е.В., Жигалин А.Д., Гусева И.С. Современный сейсмогеодинамический режим островодужной окраины Тихого океана // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 100-летию академика Ю.М. Пушаровского. М.: ГЕОС, 2017. с. 24 – 28
3. Викулин А.В. Физика Земли и геодинамика. Учебное пособие для геофизических специальностей вузов. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2008. — 463 с.
4. Куприн П.Н. Континентальные окраины (переходные зоны) островодужного и альтернативного типов // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение геология. — 2013. — Т. 88, вып. 44. — с. 36 – 54.
5. Earthquake Data Base USGS <http://earthquake.usgs.gov>

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАОСАДКОВ ИЗ ОСНОВАНИЯ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА И ИМАНДРА-ВАРЗУГСКОЙ СТРУКТУРЫ.

Корсаков А.К., Иванова Н.Д., Межеловская С.В., Межеловский А.Д.

Mezhelsofya@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Имандра-Варзугский сектор расположен в юго-восточной части Кольского полуострова и является составной частью Печенга - Имандра – Варзугского пояса. Структура Ветренный Пояс находится на границе Республики Карелия и Архангельской области и является пограничной между Беломорским подвижным поясом и Карельским кратоном. Оба пояса входят в состав Фенноскандинавского щита и относятся к палеопротерозою, во время которого данная территория испытывала интенсивный континентальный рифтогенез, способствовавший образованию мощных осадочно-вулканогенных комплексов. В разрезах вышеуказанных структур наблюдается закономерное чередование осадочных и преимущественно вулканогенных толщ, и, что особенно характерно в обоих случаях, начало рифтогенеза фиксируется накоплением мощных терригенных осадков, претерпевших низкотемпературный метаморфизм в условиях зеленосланцевой фации.

Целью данного исследования является изучение особенностей состава начинающих разрезы метаосадочных комплексов, а также их более поздних преобразований. Сопоставление метатерригенных толщ проводится на основе петрографического анализа из основания Имандра-Варзугской структуры и Ветренного Пояса на примере рижгубской толщи сейдореченской свиты и токшинской свиты соответственно. Основной задачей является восстановление составов протолитов метаосадков, а также оценка их зрелости для реконструкции возможных условий образования и более поздних наложенных процессов.

В основу петрографического изучения положена коллекция шлифов в количестве 30 штук. Кварциты токшинской свиты изучались по 6 шлифам, отобранным в единичном небольшом обнажении на г. Двойная в пределах Водлозерского национального парка. Малое количество обусловлено труднодоступностью обнажения, расположенного среди болот [Межеловская., 2017].

Породы имеют гранобластовую, реже лепидогранобластовую структуру, изредка встречаются порфиробласты крупных зерен кварца среди более мелких. Как макро- так и микроскопически наблюдается рассланцованность пород, проявленная в шлифах в виде параллельной однонаправленной ориентировке слюд. Главным минералом является кварц, содержания которого достигают 95%, к второстепенным относятся слюды (мусковит, серицит), которые варьируют как по составу, так и по количеству. Зерна кварца были перекристаллизованы в ходе метаморфизма, на что указывает отсутствие интерстиций между зернами и, соответственно, какого-либо цемента. В целом же породы практически мономинеральные и по своей сути являются силицитами.

Метаосадки рижгубской толщи сейдореченской свиты были изучены в пределах Рижгубского карьера, возле одноименного населенного пункта. Петрографическое исследование было проведено по 24 шлифам и показало неоднородность строения толщи, в которой можно выделить три разности пород: кварциты, филлиты и переходную от филлитов к кварцитам породу.

Кварциты равномернозернистые, реже порфиробластовые. Содержания кварца варьируют от 80% до 95%, минерал представлен слабоугловатыми зернами с мозаичным угасанием и размерами до 0,5 мм. Особенности взаиморасположения кварцевых зерен указывают на его метаморфическое происхождение. Часто встречаются карбонаты, располагающиеся локально и иногда достигающие довольно крупных размеров (до 6 мм) в виде обособленных секущих скоплений. В некоторых шлифах карбонатный материал, возможно, заполнял пустоты между соразмерными с ним зернами кварца, замещая тем самым исходный цемент породы. В небольшом количестве встречаются слюды (мусковит, серицит), эпидот, рутил. Рассланцованность подчеркивается слюдами и карбонатом.

Филлиты разномасштабные, с сильно проявленной, но неравномерной слоистой структурой: от крупных редких микроскладок в одних шлифах до множества мелких в других. Слоистость четко подчеркивается неоднородной слоистостью, представленной светлыми полосами, которые сложены мелкими зернами кварца, листочками слюды, иногда плагиоклазом и карбонатом; темные полосы представлены алевритоподобным серым материалом, хлоритом, и в редких случаях встречаются слюды, зерна кварца, карбоната и плагиоклаза. Часто филлиты пронизаны микрожилами, сложенными более крупным кварцем. Взаимное пересечение жил говорит об их разновозрастности. Некоторые трещины заполнены тесной ассоциацией рудного минерала с кальцитом в обрамлении хлорита. Встречаются окруженные мелким кварцем загрязненные кристаллы доломита, которые обтекаются смятыми в складки слюдами, и, судя по всему, доломит формировался на одной из последних стадий, предшествующих пластическим деформациям, в ходе которых раскристаллизовался поздний кварц, который и создал подобную структуру.

Также в толще проявлена переходная разница от кварцитов к филлитам. Структура данных пород порфириобластовая: в кварцево-слоистой массе вкрапленники кварца, доломита, эпидота размером до 0,4 мм. Слюда преобладает (>50%), подчеркивая ориентировку. В основании рижгубской толщи разрез сложен кварцитами, в которых примесь карбонатных минералов варьирует от густых скоплений мелких зерен до крупных кристаллов, но иногда полностью исчезает. Центральная часть представлена чередованием филлитов и переходной разности от филлита к кварцитам, с единичными прослоями последних. Выше по разрезу наблюдается чередование филлитовой и кварцевой составляющей. Завершается разрез преимущественно силицитами.

В целом, в толще наблюдается зональность: преобладание филлитоподобных пород в центральной части и кварцитов в основании и завершении разреза. Карбонитизация неравномерная, ориентировка минералов проявлена в большинстве случаев, филлиты характеризуются слоистостью. Часто встречающийся мозаично угасающий кварц с тенями давления указывает на деформации пород, а тесные срастания зерен и отсутствие включений – на его метаморфогенную природу.

Опираясь на петрографические исследования, можно предположить состав протолитов для толщ и заметить ряд отличий в первичных породах для кварцитов токсинской свиты и метасадков рижгубской толщи. Протолитом токсинских кварцитов были зрелые кварцевые пески, долгое время подверженные сортировке, которая смыла большую часть глинистого материала, обуславливая малое количество слюды при метаморфизме. Протолитом рижгубской толщи были менее зрелые осадки, с регулярным привнесом глинистого материала, что говорит о разных условиях осадконакопления оснований Ветреного Пояса и Имандра-Варзугской структуры в начале палеопротерозоя. Структурно-текстурные преобразования обеих толщ также существенно отличаются. Породы токсинской свиты сложены кварцем одной генерации, метасоматических изменений не испытали, только хрупкие деформации, выраженные в рассланцевании. Метаосадки рижгубской толщи претерпели широко проявленный низкотемпературный карбонатный метасоматоз, выраженный в четком разделении минералов на генерации: I – крупный кварц, II – карбонаты, III – мелкий кварц, IV – слюды. В некоторых шлифах заметно, что плагиоклаз образовался до крупного кварца. Слоистость, хорошо проявленная в филлитах, указывает на пластичные деформации, которым была подвержена толща.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: несмотря на схожесть разрезов Имандра-Варзугской структуры и Ветреного Пояса, начало рифтогенеза, выраженное в накоплении терригенных осадков, происходило в разных условиях, и в дальнейшем развитии они претерпели разные по характеру преобразования.

Литература

1. Особенности геологического строения и время формирования осадочно-вулканогенного комплекса Ветреного Пояса (Юго-Восток Балтийского щита). Межеловская С.В. Диссертация к.г.-м.н. –М., 2017. – 211с.

ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ В РАЙОНЕ АГРАХАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА.

Иваншин С.О., Серебряков А.А., Шейков А.А.
ivanshin@ymg.ru, АО «Южморгеология», Геленджик, Россия.

Характеризуемая акватория находится на шельфе северо-западной части Среднего Каспия у берегов равнинного Дагестана. На большем своём протяжении – это побережье Аграханского п-ова и о. Чечень. В административном отношении район работ прилегает к Республике Дагестан. Аграханский залив, врезающийся в сушу на 40 км, отделён от основной акватории моря одноимённым п-овом. Ширина его от нескольких сотен метров, до десятка километров в южной части, глубина до 4 м.

В настоящее время руслом реки Терек залив разделён на две изолированные части – северную, сильно опресненную (связанную с морем) и южную, пресную (фактически озерную), которая в связи с этим получила свое новое название – озеро Южный Аграхан.

В южной части залива глубина до 3 м. В период половодья в нее поступают воды рек Нового Терека, Каргалинки, Аликазгана, а также слабо просачивающиеся через плавни и тростниковые заросли воды Акташа. Две трети ее заросли камышом.

Северная часть водохранилища связана с морем через пролив Чаканные ворота шириной всего в несколько сотен метров. Северная часть залива делится небольшой косой Росланбек на два района. Дно её пологое, глубина до 4 м. Площадь северной части Аграханского залива в последние годы сократилась наполовину, вода опреснена.

В общей сложности залив занимает примерно 5 % характеризуемой площади. Морские берега низкие и пологие, большей частью пустынные, лишь побережье дельты Терека покрыто зарослями камыша. Поверхность дна характеризуется выположенностью, незначительный её уклон прослеживается к юго-востоку от вершины Аграханской косы.

Характеризуемая акватория является мелководной со средней глубиной около 6,5 м, наименьшие глубины до 4 м отмечаются в северо-западной её части, а наибольшие – до 25 м – в юго-восточной. Фактологическую основу литологической характеристики поверхности дна акватории составили результаты гранулометрического анализа станций пробоотбора.

Гранулометрический состав осадков определён по классификации «ВНИИОкеангеология», предусматривающей выделение следующих фракций (размер фракций – в миллиметрах): >10,0-1,0 – ракуша и ракушечный детрит; 1,0-0,1 – песок; 0,10-0,01 – алеврит; <0,01 – пелит.

Выделены основные литологические типы донных осадков: моногранулярные, бигранулярные и миктиты.

Моногранулярные (однородные) осадки, сложенные одной доминирующей фракцией на 75 % и более, представлены песками, алевритами и пелитами.

Бигранулярные (переходные) осадки сложены преобладающей (50-75 %), дополняющей (25-50 %) или сопутствующей (10-25 %) размерными группами фракций. Представлены алевритовыми песками, пелитовыми песками, пелитовыми алевритами, алевритовыми пелитами и песчаными пелитами.

Миктиты – осадки, содержащие три взаимно дополняющие размерные группы фракций от 25 до 50 % и/или сопутствующие – от 10 до 25 %. К ним относятся алеврито-пелито-песчаные, пелито-песчано-алевритовые и песчано-пелито-алевритовые миктиты.

Однородные песчаные осадки тяготеют к повышенным участкам дна, протягиваясь узкой полосой вдоль берега шириной в первые сотни метров, до двух километров у Аграханского полуострова. Песками сформирована коса (в южной прибрежной части акватории) и широтно-ориентированная отмель (восточнее о. Чечень) продолжительностью до 8 километров и шириной до 3 километров.

Тонкодисперсные осадки тяготеют к ямам и западинам в понижениях рельефа. Пелитовые дислоцируются в пониженных участках дна центральной части акватории с относительно пассивным гидродинамическим режимом, исключение составляет конус выноса р. Терек.

Переходные типы осадков, а также миктиты, выделенные на большей части площади, тяготеют к волновой и течениевой пологонаклонным шельфовым равнинам. Сюда поступают, помимо твёрдого стока, продукты донной и, в меньшей степени, береговой абразии.

Активной абразии подвержено около 20 % побережья. Попав в зону волнения и вдоль береговых течений, материал перераспределяется по площади, в зависимости от кинетического потенциала частиц и морфологии дна. Перенос материала осуществляется путём волочения по дну, салтацией и во взвеси. Первый способ характерен для песка, второй – для мелкопесчаных и алевроитовых частиц, третий – для пелитовых.

По вещественно-генетическому типу осадки преимущественно – терригенные (90% площади). Также выделены и биогенно-терригенные осадки, такие как: карбонатные биогенно-терригенные (с содержанием ракуши и ракушечного детрита 25-50 %) и слабокарбонатные терригенные (с содержанием ракуши и ракушечного детрита 10-25 %), локализованные в юго-восточной и северо-западной части. На всей остальной акватории примесь ракуши и ракушечного детрита составляет десятые доли до первых процентов.

Биогенная составляющая представлена остатками раковин остракод и фораминифер. Среди моллюсков преобладают раковины кардид, реже встречаются мидии, гастроподы. В небольших количествах присутствуют раковины бентосных фораминифер и растительный детрит. Основная часть биомассы смещена в юго-восточную часть акватории, и, в большей степени, в район западнее о.Чечень. Зоны массового развития бентосных организмов одновременно являются зонами первичной аккумуляции скелетных останков, которые формируют большинство аккумулятивных форм.

Результаты анализа минералогического состава песчано-алевритовой фракции, связанной с потенциальной возможностью локализации россыпей рудных минералов, являются отражением сложных и взаимосвязанных процессов механической, биогенной и химической дифференциации. По соотношению минеральных зёрен и генетических признаков в составе фракции выделяются органогенная, аутигенная и терригенная составляющие.

Органогенная составляющая представлена остатками скелетных форм карбонатного, кремнистого состава, отмечены редкие древесно-растительные остатки.

Аутигенные минералы представляют интерес для характеристики фациальных условий осадконакопления и последующих изменений осадка, используются для корреляции разрезов. Аутигенные минералы обнаружены во всех исследованных пробах донных отложений. Они представлены карбонатными минералами, гидроокисными формами железа.

Основные минералы терригенной составляющей осадка представлены кварцем и полевыми шпатами. В группу терригенных образований входят также темноцветные минералы - амфиболы, пироксены, группа эпидот-цоизита, слюды, халцедон, акцессорные и рудные минералы, карбонаты, а также обломки пород.

На процессы современной седиментации влияет широкий комплекс факторов, среди которых определяющими являются гидродинамический и литодинамический режимы, донная и береговая абразия, а также деятельность морских организмов. Все эти факторы в совокупности обеспечивают высокую динамику и интенсивность процессов осадконакопления.

В целом на изученной акватории преобладают бигранулярные и моногранулярные осадки. Осадки смешанного типа распространены в зонах существенного влияния нескольких источников поступления седиментационного материала и торможения процессов механической дифференциации вещества. Преобладающим вещественно-генетическим типом являются терригенные осадки. Основные факторы седиментогенеза – гидродинамическая обстановка на фоне рельефа дна.

Приведенная литолого-генетическая характеристика акватории будет сохранять актуальность относительно непродолжительный срок в виду активной гидродинамической и аккумулятивной обстановки, преобладающей на рассматриваемой акватории Каспия.

При подготовке настоящего сообщения использованы материалы, полученные в рамках контракта 15-3/16-2.

ОПРОБОВАНИЕ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДКОВ В КАСПИЙСКОЙ АКВАТОРИИ У АГРАХАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА.

Иваншин С.О., Серебряков А.А., Шейков А.А.
ivanshin@ymg.ru, АО «Южморгеология», Геленджик, Россия.

С 2014 по 2017 год в акватории Каспийского моря АО «Южморгеология» выполнялась геологическая съемка масштаба 1 : 200 000 в пределах морской части листов L-38-XXXXVI (Суюткино) и K-38-VI (Крайновка). Голоценовые образования изучались с использованием следующих основных методов: низкочастотное непрерывное сейсмоакустическое профилирование, площадное донное опробование, картировочное бурение. На основе комплексного геолого-геофизического подхода к интерпретации данных были обобщены ретроспективные и впервые полученные материалы.

В настоящих тезисах основное внимание уделено донному опробованию и его результатам. Опробование проводилось на 160 станциях и в 2 картировочных скважинах с целью изучения литолого-минералогического состава отложений и их физико-механических свойств, определения микрофаунистических остатков, выявления геохимических аномалий связанных с нефтегазовыми проявлениями, либо с ореолами экологического заражения акватории и для установления перспектив на наличие твёрдых полезных ископаемых.

Для отбора проб на станциях опробования использовалось следующее оборудование: прямоточная гравитационная трубка (ПТ-133) с внутренним диаметром 128 мм и внешним - 133 мм, утяжеленная 5 грузами по 80 кг, предназначенная для отбора проб донных отложений; пробоотборник ковшевый «ПР015» с площадью захвата 0,15 м² и массой 100 кг, предназначенный для отбора проб поверхностного слоя донных осадков.

Вывод пробоотборника за борт и подъем на палубу судна производился судовой кран-балкой и траловой лебедкой. Для отбора проб донных осадков на большинстве станций использовалась прямоточная гравитационная трубка ПТ-133, пробоотборник ковшевый ПР015 использован лишь на четверти станций донного пробоотборника. Максимальный выход керна получен при отборе проб гравитационной трубкой. Если длина керна в ней была менее одного метра, бросание трубки производилось повторно. При невозможности взятия осадка ПТ-133 использовался пробоотборник ковшевый ПР015.

Бурение и опробование керна картировочных скважин производилось с борта судна «Изыскатель-1», представляющего собой самоходную плавучую буровую установку, оснащённую буровой мачтой, буровым станком ЗИФ 1200МРР, талевой лебедкой и четырьмя якорными лебедками для стабилизации на точке бурения. Буровое судно было оснащено донным опорным основанием массой 5 т, жёстко соединённым с водоотделяющей колонной, что обеспечивало отбор проб ненарушенного сложения способом вдавливания.

Обработка проб на борту судов включала: визуальный осмотр керна, разрезание его по оси, фотографирование среза керна, послыное геологическое описание; экспресс-аналитические исследования (определение сопротивления пенетрации и сопротивления вращательному срезу, определение значений рН и Eh, извлечение газовой фазы из донных осадков методом фазового равновесия с целью анализа углеводородных и постоянных газов) и отбор проб для дальнейшего изучения в стационарной лаборатории. На каждый вид анализа отбиралась отдельная проба, которая снабжалась этикеткой с указанием: номера объекта работ, номера станции, интервала отбора пробы, вида анализа, краткой характеристики пробы, числа, месяца и года отбора, фамилии исполнителя. Сразу после отбора образцы помещались в герметичные пластиковые контейнеры. Виды и интервалы опробования отражались в полевых геологических журналах.

Пробы отбирались на следующие виды исследований: гранулометрический анализ; полный минералогический анализ; спектральный эмиссионный полуколичественный анализ; анализ содержания золота; силикатный анализ; микрофаунистический анализ; атомно-абсорбционный анализ на определение содержания тяжёлых металлов (Mn, Fe, Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb), определение нефтепродуктов (НП), ртути (Hg) и мышьяка (As), анализы на

содержание АПАВ, КПАВ, ПАУ, фенолов и пестицидов.

Непрерывным сейсмоакустическим профилированием, картировочным бурением и площадным опробованием донных осадков установлено, что голоцен у Аграханского полуострова, островов Чечень и Тюлений представлен лимноаллювиальными мангышлакскими и аллювиальными, аллювиально-морскими и морскими волновыми и течениявыми новокаспийскими образованиями. Мощность осадков голоцена – от 5 до 66 м, мангышлакских – от 5 до 45 м, новокаспийских – от 3 до 17 м.

Лимноаллювий мангышлакский в акватории Каспия вскрыт скважинами 1114skv1 и 1114skv2 на площади листа L-38-XXXVI (Суюткино). При бурении последней, из мангышлакских образований зафиксировано фонтанирование диагенитических газов в интервале от 35 до 36 м. Заполняет погребенные речные долины, пространственно соответствующие палеоволжской, кумо-маньчской и терско-сулакской системам. Представлен преимущественно неконсолированными регрессивными осадками – песками и илами алевритовыми. Мощность образований – от 5 до 45 м.

Мариний нижне-средненовокаспийский распространен повсеместно на субгоризонтальной поверхности дна. Представлен песками с ракушей и ракушечным детритом, илами алевропелитовыми залегающими с размывом на мангышлакских образованиях. Мариний содержит комплекс *Dreissena polymorpha caspia* (Pall.) - *Didacna baeri* (Grimm) и четко выделяется по присутствию *Mytilaster lineatus* Gmel. и *Abra ovata* (Philippi). Характерны *Cerastoderma lamarcki* (Reeve), хипанисы и гастроподы. По радиоуглеродным датировкам нижненовокаспийские отложения накапливались в возрастном интервале от 3 до 6,8 тыс. лет. Мощность – от 3 до 11 м.

Морские волновые и течениявые верхненовокаспийские образования представлены относительно мелководными прибрежными, приливными и дрейфовыми фациями, отлагающимися на мелководной пологонаклонной шельфовой равнине с подводными аккумулятивными банками. В осадке присутствуют: *Mytilaster lineatus* Gmel., *Abra ovata* (Philippi), *Cerastoderma lamarcki* (Reeve), *Dreissena polymorpha caspia* (Pall.), *Didacna baeri* (Grimm), хипанисы и гастроподы. Представлены песками разнозернистыми, алевритами и пелитами с примесью ракуши и ракушечного детрита. По радиоуглеродному датированию образований имеет возраст около 1 тыс. лет. Мощность – до 6 м.

Аллювий и аллювиомариний верхненовокаспийские распространены у западного побережья Каспийского моря на мелководной субгоризонтальной и слабонаклонной шельфовой равнине с подводными аккумулятивными валами, косами и банками в пределах подводного берегового склона. Сейчас это преимущественно зона деформации и разрушения волн. Приурочены к зоне твердого стока рек западного побережья и волнового воздействия с образованием преимущественно прибрежных фаций. Аллювиальные фации и морские волновые прибрежные фации мелководья (с преобладанием колебательных движений воды), связаны постепенным переходом с аллювием и пляжевыми (прибойными) фациями на прилегающей суше. Представлены образования песками разнозернистыми и алевритами с примесью ракуши и ракушечного детрита. В осадке встречены: *Dreissena polymorpha caspia* (Pall.), *Didacna baeri* (Grimm), *Mytilaster lineatus* Gmel., *Abra ovata* (Philippi), *Cerastoderma lamarcki* (Reeve), хипанисы и гастроподы. По радиоуглеродному датированию подошва образований имеет возраст около 1 тыс. лет. Мощность – до 3-4 м.

Морские биогенные верхненовокаспийские образования представлены подводнолуговой фацией, занимающей участки прибрежных плавней, пространственно приуроченных к береговой зоне. Распространены на шельфовой аллювиально-морской периодически осушаемой равнине в районе Аграханского полуострова и острова Чечень. Это субгоризонтальная поверхность, покрытая болотной растительностью и периодически заливаемая сточно-нагонными водами, сложенная алевритовыми песками с остатками полусгнивших корней растений, илистыми глинами, детритовым песком. Мощность до 2 м.

При подготовке настоящего сообщения использованы материалы, полученные в рамках государственного контракта 49/01/16-5 и контракта 15-3/16-2.

Геологические особенности нефтегазообразования Охотско-Камчатского бассейна

Имранов Элмин Тавегюл Оглы,

nurise@yandex.ru, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН), Москва, Россия

Охотско-Камчатский нефтегазоносный бассейн по своей природе является рифтогенным, сложно гетерогенным. Он расположен в северо-восточной части Охотского моря и частично охватывает побережье Западной Камчатки и Северного Приохотья. В тектоническом отношении в его основании лежит сочленение трех рифтов, расположенных вдоль северного побережья Охотского моря, протягивающегося вдоль западного побережья Камчатки и рифтогенного прогиба, прослеживающегося в северо-восточном направлении в пределах Пенжинской губы. Депоцентром прогибания является глубоководный прогиб Тинро. Бассейн обрамляется на севере мезозоидами Кони-Танюерской складчатой системы, включающей ряд древних блоков (Охотский, Гижигинский) и перекрывающими их образованиями Охотско-Чукотского вулканогена. На юге бассейн ограничен Центрально-Охотским поднятием, на востоке – Срединно-Камчатским антиклинорием [1].

Планомерное изучение Охотско-Камчатского региона комплексом сейсмических методов началось в 1957 г, связанное с исследованиями, выполненными Институтом физики Земли АН СССР по методике глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) на акватории Охотского моря и Курильской островной дуге. В 1983-1984 гг. методами непрерывного сейсмического профилирования (НСП) выполнены работы в районе Курильской островной дуги по отдельным профилям и по сети профилей. В начале 90-х годов сотрудниками ИМГиГ ДВО РАН были проведены экспериментальные сейсмические работы методом КМПВ в западной части впадины Дерюгина и на прилегающем участке Восточно-Сахалинского шельфа. Сейсмические работы методом отраженных волн проводятся ФГУП «Дальморнефтегеофизика» (ДМНГ) начиная с 1976 г. Всего на данной территории отработано порядка 500 тыс.км сейсмических профилей различной детальности, в т.ч. около 40 геотравесов длиной от 300 до 1500 км [2].

Фундамент бассейна представлен мезозойскими образованиями. Выполнение бассейна охарактеризовано тремя комплексами: рифтогенным палеоцен-эоценового возраста, в строении которого принимают участие грубообломочные, угленосные паралические и прибрежно-морские образования. Второй комплекс представлен глинисто-кремнисто-вулканогенными образованиями позднеоцен-неогенового возраста. Завершается разрез синорогенными образованиями позднего кайнозоя, развитыми по периферии бассейна.

В пределах бассейна выделяется ряд суббассейнов: Кавинско-Тауйский, Гижигинский, Кашеварово-Лисянский, Магаданский, ТИНРО, Шелиховский, Притайгоносский, Воямпольский, Западно-Камчатский [3].

На территории Охотско-Камчатского бассейна пробурено около 100 скважин различного назначения, в том числе на акватории. Промышленная газоносность доказана в пределах Западно-Камчатского суббассейна: Кшукское, Нижне-Квакчическое, Северо-Колпаковское, Средне-Кунжикское месторождения, связанные с олигоценными отложениями, а также отмечен при бурении ряд нефте- и газопровывлений.

Для выявления особенностей геологического строения и обоснования нефтегазоносности Западно-Камчатского бассейна применен комплекс геологических, геохимических и геотермических подходов, на которых основывается технология бассейнового моделирования при региональном изучении нефтегазоносного бассейна.

При прогнозировании нефтегазоносности в пределах Охотско-Камчатского НГБ наиболее важным аспектом является изучение геотермического (в том числе, и палео-) режима недр, так как он более напряженный по сравнению с бассейнами, относящимися к фронтальному типу [4]. Характерны повышенные современные и палеотемпературы в

пределах активно погружающихся прогибов, а также на их бортах, осложненных разломами, являющиеся путями конвективного теплопереноса. Эти явления сопровождаются увеличением количества сгенерированных углеводородов в зонах локального и зонального прогрева недр. Правильное прогнозирование палео- и современного режимов позволяют прогнозировать созревание, генерацию и трансформацию органического вещества во времени.

Неравномерность теплового потока на различных глубинных срезах приводит к образованию хорошо выраженных отрицательных аномалий над газовыми и газоконденсатными залежами, которые могут являться прямым поисковым признаком.

В моей работе на основании данных изучения более 10 скважин был детально изучен литологический состав отложений, изменение степени преобразованности органического вещества и теплового режима в пределах разных структурно-фациальных зон на территории изучаемого бассейна. В процессе восстановления палеотеплового потока использовались калибровочные данные по температуре максимального выхода УВ (T_{max}) при пиролизе Rock-Eval, а также отражательной способности витринита, данные замеров температур по скважинам, а также общие представления о тектонических событиях в исследуемом регионе. Выявлены зоны максимального прогрева, зоны максимальной генерации углеводородов.

Список литературы:

1. Арешев Е.Г. Нефтегазоносность окраинных морей Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии. М., АВАНТИ, 2003. – 288 с.
2. Белонин М.Д. и др. Разведочный потенциал Западной Камчатки и сопредельного шельфа (нефть и газ). ВНИГРИ, Недра, С.-Пб. – 2003.
3. Бурлин Ю.К. Нефтегазообразование в геосинклинальных осадочных формациях Тихоокеанского пояса. М., МГУ, 1981. – 220 с.
4. Бурлин Ю.К., Карнюшина Е.Е., Свистунов Е.П. Особенности теплового режима нефтегазоносных бассейнов Камчатки. Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Нефтегазовая геология – итоги XX века. Материалы четвертой международной конференции. — Изд-во Московск. ун-та Москва, 2000. — С. 47–48.

БЛОКОВАЯ СКЛАДЧАТОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Кисин А.Ю.

E-mail: kissin@igg.uran.ru, Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Земная кора – самая тонкая, внешняя оболочка твердой Земли, доступная для прямых наблюдений и изучения. В то же время, она и самая анизотропная из всех геосфер. В коре (и частично в гидросфере) сосредоточены все минеральные ресурсы, без которых существование мировой экономики немислимо. В 21-ом веке перед геологами стоит сложная и трудоёмкая задача поисков скрытых месторождений, залегающих на глубинах доступных для рентабельной отработки. Современные методы прогнозно-поисковых работ на эндогенные месторождения базируются на представлениях о генетической и парагенетической связи оруденения с тектоникой, магматизмом и метаморфизмом. Структурно-вещественные преобразования коры и процессы рудообразования нуждаются в привносе в систему большого количества энергии. В условиях горизонтального сжатия логично связать поступление энергии с тектоническими силами. Но для этого необходим эффективный механизм деформирования коры.

Глубокие структурно-вещественные преобразования земной коры обеспечивает блоковая складчатость. Это новый способ деформаций коры, принципиально отличающийся от складчатости многократно описанной в специальной литературе. Блоковая складчатость почти не проявлена в изгибах, а выражена в чередовании утолщенных и утоненных блоков, различающихся метаморфизмом, магматизмом и минерацией. Блоковая складчатость возникает в результате действия тектонопары «надвиг-продольный изгиб». Впервые складчатость показана в виде блоков положительного и отрицательного изгибов. Кора сохраняет форму плиты. Упругая верхняя кора передает напряжения сжатия на расстояния, а изгибы фокусируют ее в блоках положительного изгиба – на нижнюю часть коры, а в блоках отрицательного изгиба – на верхнюю ее часть. Напряжения прямо пропорциональны расстоянию до нейтральной поверхности (граница смены знаков напряжения изгиба). Возникает дестабилизацию системы и протекание различных геологических и рудообразующих процессов. Релаксация напряжений осуществляется всеми возможными способами, в зависимости от знака изгиба. В ядре блока положительного изгиба: закрытие трещинно-порового пространства, метаморфические реакции, перекристаллизация, фазовые переходы, растворение под давлением, тектонические потоки (пластические, квазипластические, катакластические) и другие процессы, имеющие отрицательный объемный эффект. В ядре блока отрицательного изгиба снятие напряжений сжатия осуществляется: дуплексами скалывания и антиклинальными вздутиями в висячих боках надвигов, площадным мегабрекчированием пород на верхних горизонтах, осевым поднятием (горсты, тектонические клинья, бескорневая складчатость и т.п.), обеспечивающим физическое перемещение пород вверх. Все деформации остаточные.

Всё это характеризует систему как *максимально энергоёмкую*. Тектоническая энергия сжатия трансформируется в другие виды энергии, в т.ч. и тепловую, вызывая быстрый разогрев больших объемов коры. Возникает резко метастабильная по энергонасыщенности и по РТ-условиям система, релаксация которой сопровождается глубокими вещественно-структурными преобразованиями земной коры и ремобилизацией рудных компонентов. Процесс делится на два главных этапа:

прогрессивный (стрессовые напряжения коллизионного этапа) и регрессивный (снятие стрессовых напряжений на постколлизионном этапе). Синхронно деформациям коры проявляется метаморфизм пород: зеленосланцевый и зеленокаменный в блоках отрицательного изгиба, и до амфиболитовой или гранулитовой фации в блоках положительного изгиба. Всестороннее давление при метаморфизме на прогрессивном этапе процесса определяется главным образом тектоническим фактором, а на регрессивном этапе – литостатическим. Поэтому проблемы эксгумации метаморфических пород повышенных давлений нет: снятие стрессовых напряжений сопровождается падением всестороннего давления. Деформируемый участок коры приобретает новую структуру, которая является основой прогноза син- и посттектонических месторождения полезных ископаемых. Блоковая складчатость подчиняется «принципам унаследованности».

На прогрессивном этапе движение флюидов контролируется градиентами стрессовых напряжений, вызванных изгибами. Отрицательный изгиб создает *запирающий градиент напряжений* (нарастающий кверху). Флюиды удерживаются на глубине, что ведет к их перегреву и обогащению рудным веществом, родственным к С1 и S. Источником рудного вещества служат вмещающие породы верхней коры (обычно вулканогенно-терригенная толща), нижняя кора (базит-ультрабазитового состава) и верхняя мантия. Снятие или временное ослабление тектонических напряжений сопровождается движением флюидов вверх. Наиболее крупные трещины играют роль рудоподводящих каналов. В зоне брекчирования и мегабрекчирования происходит смешение глубинных флюидов с метеорными и морскими захороненными водами, их охлаждение, изменение рН среды и окислительно-восстановительного потенциала, сопровождающихся рудоотложением. Минерагеническую специализацию блоков в значительной степени определяет вещественный состав коры.

Положительный изгиб формирует *прямой градиент* стрессовых напряжений, нарастающих с глубиной, что вызывает перемещение (выжимание) вещества вверх, появление катакlastических, пластических и квазипластических потоков, переносящих тепловую и химическую энергию на верхние горизонты коры. Сохранение глубинного корня потоков на прогрессивном этапе процесса обеспечивает высокое давление в их головной части, формирование купольных структур, которые становятся центрами зонального метаморфизма. Проявленные здесь процессы гранитизации сопровождаются выносом в околокупольное пространство ряда рудных и петрогенных химических элементов (Fe, Au, Si, Mg и др.). В ядрах куполовидных структур накапливаются флюиды, обогащенные легколетучими и фторофильными элементами (Be, Li, Sn, W, Ta, Nb и др.). Над купольными структурами образуются крутопадающие трещины растяжения, заполняемые кварцем. На прогрессивном этапе процесса они испытывают деформации, метаморфизм и перекристаллизацию (грануляция кварца). Снятие тектонических напряжений сопровождается падением давления в ядрах куполовидных структур, сопровождающееся процессами анатексиса и ультраметаморфизма. Анатектические расплавы богатые летучими компонентами, формируют дайковый комплекс гранитов и пегматитов (с редкометалловой, слюдяной, полевошпатовой, кварцевой и самоцветной минерализацией). В надкупольном пространстве имеет место пневматолито-гидротермальная деятельность (альбитизация, грейзенизация, минеральное заполнение трещин и т.д.), эволюционирующие в процессе длительной посттектонической релаксации системы. Формируется кварцево-жильное поле с горным хрусталем. На поздних этапах этими процессами охватываются и ядра куполовидных структур. Таким образом, блоки положительного изгиба специализированы на нерудные полезные ископаемые, золото, редкие элементы.

СТРУКТУРНО-ЛИНЕАМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ НА ОСНОВЕ ДЕТАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

Кузнецов Ю.М., Устинов С.А., Петров В.А., Тубольцев И.С.

tenpuru@mail.ru, ИГЕМ РАН, г. Москва, Россия

Цифровые модели рельефа (ЦМР) – это особый вид трёхмерных математических моделей, представляющий собой отображение рельефа как реальных, так и абстрактных геополей (поверхностей). При этом в качестве «рельефа поверхности» в цифровой модели могут выступать, кроме реального рельефа, различные другие показатели и характеристики: атмосферное давление, температура воздуха, осадки, пластовое давление нефти, геофизические и геохимические поля, концентрация загрязняющих веществ [6].

Если исходными данными для построения ЦМР выступает нерегулярная сеть точек, требуется постановка задачи восстановления (интерполяции) поверхности и пересчета сети на регулярную. В настоящее время существует много методов, позволяющих решать эту задачу. Среди них – интерполяция на основе триангуляции Делоне, средневзвешенная интерполяция, крайнинг. Однако в любом случае при вычислении отметки точки необходимо пользоваться алгоритмами интерполяции (значения, получаемые в исходных точках, совпадают с истинными абсолютно точно) или аппроксимации (значения, получаемые в исходных точках, совпадают с истинными с некоторой степенью точности).

На основе построенной ЦМР может быть проведён линейный анализ. Данный анализ является одним из наиболее эффективных и надежных дистанционных методов изучения каркаса разрывных нарушений, глубинного строения территорий и геодинамических процессов. Суть анализа заключается в выявлении диагностических признаков – линейментов, которые чаще всего представляют собой прямолинейные отрицательные формы рельефа, экспонированные прямолинейные склоны, эскарпы и уступы, последовательность прямолинейных отрезков мелких водотоков, пересекающих в одном направлении водоразделы и долины, прямолинейность осевых линий водоразделов, участки сгущения и перегибов горизонталей [1].

Для всей территории Восточного Забайкалья была построена общая модель рельефа, а для отдельных участков с известными месторождениями стратегических металлов и перспективных участков были созданы детализированные ЦМР.

При построении общей ЦМР использовались пространственные данные Геологической службы США (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), полученные по результатам спутниковой съемки SRTM (Shuttle radar topographic mission).

Для районов типовых Мо-порфировых (Бугдаинское, Шахтаминское) и Cu-Ау-порфирово-скарновых (Быстринское, Лугоканское) месторождений на основе топографических карт масштаба 1:50000 (сплошные горизонталы проведены через 20 метров) были созданы детальные ЦМР по методике, предложенной ранее [4]. Для построения данных моделей необходимо осуществить векторизацию картографического материала. Данная задача была решена с помощью программы Easy Trace 7.99 Pro (бесплатная версия).

Линейменты на ЦМР выявлялись и анализировались с помощью созданного авторами программного модуля, интегрированного в ГИС. Изначально модуль разрабатывался как инструмент для реализации и частичной автоматизации задач специальной методики микроструктурного анализа [3]. После доработки данный модуль стало возможно использовать для пространственного анализа не только микроструктур, но и крупных линейных зон, соответствующих разломам и протяженным линейным сегментам геологических структур.

Линейный анализ, проведенный по созданным цифровым моделям рельефа и сопутствующим картам, позволил с высокой степенью достоверности выявить в рельефе территории Восточного Забайкалья линейные протяженные элементы – линейменты, которые отражают положение большинства зон глубинных разломов и их оперяющие структуры.

Созданная ЦМР являлась частью ГИС-проекта «Забайкалье» [2, 5] и использовалась авторами в качестве основы учета физико-географических и геологических факторов для дальнейшего проектирования транспортно-коммуникационных сетей (ТКС) в рамках реализации масштабного проекта РГО-РФФИ «Геолого-экономические факторы развития транспортно-коммуникационных сетей Сибири и Дальнего Востока (на примере крупных месторождений стратегических металлов)».

Цель проекта заключается в выделении основных геолого-экономических факторов развития ТКС Сибири и Дальнего Востока в свете расширения минерально-сырьевой базы стратегических и высокотехнологичных металлов [2], в прогнозной оценке минерально-сырьевого потенциала этих регионов, разработке предложений и рекомендаций по комплексному развитию ТКС.

Дальнейшие исследования территории Восточного Забайкалья необходимо ориентировать на оценку достоверности картирования разрывных нарушений и выявленных линейментов, отображенных на всех картах, схемах и цифровых моделях рельефа, полученных в результате ранее проведенных работ. Построенная ЦМР стала основой для предварительного проектирования ТКС восточного Забайкалья. При этом в совокупности с полученными результатами в ГИС проекте изучались и интерпретировались геофизические, петрографо-минералогические и специальные (ландшафтные, литолого-фациальные, гидрогеологические, структурно-петрофизические, инженерно-геологические и геоэкологические) карты, разрезы и модели. Полученные посредством дистанционных методов данные подтверждались результатами полевых изысканий, проведенных в рамках проекта. Кроме того, с помощью созданного ГИС-проекта был разработан оптимальный маршрут для полевого отряда.

Таким образом, на основе построения общей и детальных ЦМР становится возможным быстрое получение информации о морфометрических показателях (высота, угол наклона, экспозиция склона) в любой точке модели, необходимых для проектирования ТКС. Появляется возможность анализировать эти показатели и оперативно создавать соответствующие вспомогательные карты.

Работа выполнена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» и Российского фонда фундаментальных исследований.

Литература

1. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линейментной тектоники. М.: Недра, 1986. 144с.
2. Петров В.А., Платэ А.Н., Ряховский В.М. Создание и формирование инфраструктуры пространственных данных по минерально-сырьевым ресурсам Забайкальского края // Мониторинг: наука и технологии. 2017. № 3(32). С. 57-63.
3. Устинов С.А., Петров В.А. Применение ГИС-технологий для микроструктурного анализа в геологии // Геоинформатика. 2015. № 2. С. 33-46.
4. Устинов С.А., Петров В.А. Использование детальных цифровых моделей рельефа для структурно-линейментного анализа (на примере Уртуйского гранитного массива, ЮВ Забайкалье) // Геоинформатика. 2016. № 2. С. 51-60.
5. Устинов С.А., Бортников Н.С., Петров В.А., Коваленкер В.А., Волков А.В. ГИС основа оценки геолого-экономических факторов развития транспортно-коммуникационных сетей (на примере месторождений стратегических металлов ЮВ Забайкалья) / «Основные проблемы в учении об эндогенных рудных месторождениях: новые горизонты». Всероссийская конференция, посвященная 120-летию со дня рождения выдающегося российского ученого академика А.Г. Бетехтина. Москва, 20-22 ноября 2017 г. Материалы конференции. М.: ИГЕМ РАН, 2017. С. 469-472.
6. Хромых В.В., Хромых О.В. Цифровые модели рельефа: Учебное пособие. Томск: Изд-во «ТМЛ-Пресс», 2007. 178 с.

ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ НА ТРАВЕРСЕ ЕВРОАМЕРИКАНСКОГО ПАЛЕОРИФТА

Куликов В.С., Куликова В.В.

vkulikova@yandex.ru, ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Фенноскандинавский щит (ФЩ) в раннем палеопротерозое, как обосновывается современными палеомагнитными исследованиями, находился в пределах Евроамерики в низких широтах Земли. Возможно, в процессе тектонической эволюции была сформирована в современном положении СЗ внутриконтинентальная палеорифтовая система протяженностью около 2000 км и более. Предполагается, что причиной стала активная геодинамика с образованием обширных мантийных термоплюмов неясного генезиса.

На ФЩ в качестве ее проявления рассматриваются ее некоторые реликты в виде структур: Карасйок, Паана - Куолярвинская, Имандра-Варзуга, Лехтинская, Ветренный Пояс, а также трансформные разломы, контролируемые расслоенными батолитами: Бураковско - Аганозерский, Лукуллайсваара, Ципринга, Кивакка, Кийостровский и, возможно, другие. Обнаружено, что Шомбозерская и Лехтинская структуры, имеющие нехарактерные для остальных формы, очертания и строение, вероятно, сформировались в два (?) этапа за счет сокращения ширины палеорифта при его растяжении, разрыве и смещении образовавшихся блоков по касательной на ЮВ - Карельский и на СЗ - Мурманский по аналогии со структурой Афарского рифта. Подобный сценарий развития геодинамики намечается как частный случай и для Кийостровского плутона. Авторы рассматривают два кластера, перспективных для получения новой информации на поиски некоторых природных ресурсов на ФЩ: Паана-Куолярвинский и Лехтинский - Ветренный Пояс, оформившихся за короткий промежуток времени: 2505 - 2290 Ма.

Паана-Куолярвинский мегасинклиорий в геологическом плане представляет собой сложно построенную асимметричную сумийско-людиковийскую структуру, особенности которой проявлены в геофизических (особенно в тепловом) полях. Он является ЮВ звеном сложно построенного палеопротерозойского пояса Карасьек - Соткасёлки - Саттасвара - Коммитсойва, где традиционно выделяют два крупных этапа палеопротерозойского мафит-ультрамафитового магматизма. Ранний сумийский этап с возрастом 2.40-2.45 Га связывался только с формированием расслоенных интрузивов, в том числе Олангской группы (Кивакка, Ципринга, Луккуллайсваара и др.). Второй этап в сопоставлении с геологией Онежской структуры рассматривался как людиковий, хотя до настоящего времени не подтвержден геохронологическими данными на российской части Куолярвинской структуры. Интрузивные тела измененных мафит-ультрамафитов во всех сегментах пояса, в т.ч. в Куолярвинском синклиории (Какойва, Осминпало, Кайралы и др.), в основном приурочены к СВ зоне. Здесь располагаются достаточно сложные объекты для изучения: Нилуттиярви, Апарви и Хаукатунтури, Майское золоторудное месторождение, предположительно подвулканный мафит-ультрамафитовый интрузив Какойва в ядре структуры и др. Обращают на себя внимание особенности сложной складчатости (каледонской - ?) западной части синклинали, возможно, являющейся «поворотной осью», которая могла возникнуть при открытии кандалакшского рифта (Белого моря). Для осознания перспектив геологических исследований на ближайшие годы важна более объемная информация о строении, возрасте и взаимоотношениях пород, а также о металлогенетическом потенциале магматитов. Возможно, сумийские коматитовые лавы синклиория приурочены к СВ борту, тогда как ЮЗ (центральная ?) зона сложена более молодыми и глубинными расплавами пикритовой серии, сформировавшимися из эволюционирующего единого Восточно-Скандинавского или Сумийского суперплюма. Требуется продолжение исследований в Куолярвинском синклиории и Финской Лапландии по корреляции палеопротерозойских вулканитов и их интрузивных комагматов, а также оценки их металлогенетического потенциала.

Палеопротерозойский палеорифт Ветренный Пояс (ЮВ Фенноскандия) протяженностью более 350 км известен горным ландшафтом, и в настоящее время не вызывает сомнения, что

слагающие горы вулканические образования свиты Ветреный Пояс представлены коматитовыми базальтами с возрастом 2.5 - 2.4 Ga. Их разрезы имеют видимую мощность от 700 м на СЗ палеорифта до 4.7 км в его центре, совпадающую с геофизическими данными (около 4 км) по глубинному профилю ГСЗ Кипозеро – Телза на ЮВ структуры. Возраст пород лавового озера Виктория на г. Б. Левгора составляет 2410 ± 34 Ма, а расслоенных покровов на г. Голец 2449 ± 35 - 2441 ± 25 Ма. Однако, крайне ограниченные данные, тем более на современном уровне изучения, имеются у ряда малоизвестных и плохо доступных интрузивов (Колозерский, Щелейный Бор и др.) в районе оз. Кожозера и на прилегающих территориях. Очевидна нехватка эмпирического фактического материала, остро необходимого для завершения исследований по массиву Выжига (Западно-Монастырский и Восточно-Монастырский интрузивы, по В.Д. Слюсареву), который расположен на сочленинии палеоархейского Водлозерского блока и мезоархейского Сумозерско-Кенозерского зеленокаменного пояса (ЮВ окраина Карельского кратона), приурочен к зоне северо-восточного трансформного разлома, связанного с палеопротерозойским рифтом Ветреный Пояс. По магнитным данным ЗГТ (1974 г.), площадь интрузива оценивается в 50 кв. км. Он и расположенный к северу Мельничный массив в ряду глубинности относятся к средним уровням архейской коры и по особенностям изменения, как составов материнских расплавов, так и сопровождающих их концентраций рудных элементов (хрома, никеля, платиноидов) могут стать объектами моделирования возникновения последних. Проведенное Архангельским производственным геологическим объединением (АПГО) бурение 10 скважин в 1974 г. на территории массива на тот период позволило выявить только главные типы пород и проявление медно-никелевой и хромовой минерализаций. К настоящему времени керн этих скважин утрачен, а исследователи фактически лишены возможности продолжить изучение массива, в том числе в отношении платиноносности, без проведения специальных полевых работ. Ранее возраст Монастырских интрузивов предполагался около 2 Ga в отличие от возраста Бураковского (2.45 Ga), хотя по строению и составу пород они принадлежат к единому магматическому очагу.

Широко применяемый U-Pb изотопный метод по цирконам для определения возраста пород разного состава свидетельствует о сложностях при интерпретации получаемых данных. Так, в скважинах ПГО «Архангельскгеология», разбуривших интрузив Выжига и др., цирконы установлены *вблизи эндоконтактов в основании разрезов на глубинах* более 100 м и имеют все признаки ассимиляции из вмещающих архейских пород. В дайках основного состава цирконы без определенных позиций и редки, но особое положение они занимают в жилах гранитов, секущих Бураковский плутон. В большинстве случаев, зерна циркона представляют собой резорбированные кристаллы или обломки с измененным неоднородным строением, а в исследуемом комплексе пород очевидный «несингенетический» характер. Они делятся на 1) ксеногенные и 2) вторичные по бадделейтам в виде внешней оболочки, имеющей тенденцию почти полностью заместить минерала хозяина.

Зерна «бадделейтов» представлены несколькими генерациями: удлинненные таблитчатые, пластинчатые и «игольчатые» кристаллы моноклинной сингонии размером до 1×30 мкм; хорошо огранные гексагональные и кубические кристаллы (2×4 до $10 \times 6-8$ мкм), чаще сегрегации; неправильной формы корродированные, изогнутые и деформированные в интрузивах Руйга, Калгачиха, Выжига; зерна (от 2×4 до 6 мкм) с зональными оболочками из циркона, образующие вместе крупные сегрегации (до 10×30 мкм).

Распределение зерен этих минералов в магматических телах имеет свои особенности: в лавовых фациях «бадделейты» редки, иногда наблюдаются ближе к подошве покровов (напр., лавовое озеро Виктория); в дайках они распределены практически равномерно, в интрузивах располагаются в их центральной части. Многообразие кристаллов цирконов и бадделейтов несут неоднозначные данные изотопных возрастов.

Суммарные результаты предыдущих исследований на ФЦ свидетельствуют о необходимости комплексного взвешенного подхода к стратегии планирования геологических изысканий на современных технологиях и достижениях мирового уровня.

СТРУКТУРНАЯ ТЕКТОНИКА КОНСОЛИДИРОВАННОЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ: НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ МЕТОДЫ

Леонов М.Г.

mgleonov@yandex.ru, Геологический институт РАН, Москва, Россия

В последние десятилетия в поле зрения геологов попали данные относительно строения и истории становления ряда геологических объектов, которые не находили объяснения, адекватного природным реалиям. Получили развитие также разделы физической химии и механики, которые позволили объяснить целый ряд геологических явлений, не находящихся ранее толкования, Некоторые из таких явлений и методов рассмотрены в докладе.

(1) *Морфоструктура поверхности фундамента платформ.* Несмотря на огромный объем геологических данных, сравнительный анализ морфоструктуры фундамента платформ по существу никогда не был предметом специального изучения. Так например, современная морфоструктура фундамента сходных по возрасту и главным чертам развития Северо-Американской и Восточно-Европейской платформ весьма несхожи. Для САП характерны центрально-симметричные (овальные) отрицательные морфоструктуры, выполненные толщами фанерозойских отложений, которые разделены валообразными линейно вытянутыми поднятиями. ВЕП свойственны крупные относительно округлые или овальной формы поднятия (щиты и антеклизы), разделенные линейными прогибами. Данная закономерность, по-видимому, никогда не обсуждалась, а учитывая ее проявление в масштабе континентов, можно полагать, что она отражает некие важные закономерности тектогенеза платформ, до настоящего времени не изученные.

(2) *Морфоструктурная дифференциация осадочных бассейнов.* Сформулированная выше задача связана и с некоторыми структурно-тектоническими особенностями развития осадочных бассейнов. В частности, не найдено убедительного решения проблемы возникновения в теле платформ долгоживущих центрально-симметричных динамических бассейнов – одного из наиболее характерных тектонических элементов платформ. Примером могут служить Мичиганский бассейн САП и Онежская мульда ВЕП. Обе структуры – округлые бассейны с тенденцией к перманентному осадконакоплению в течение сотен миллионов лет. При этом наблюдается общая тенденция их структурной эволюции – «внезапное» расчленение дна бассейнов на систему относительно узких положительных морфоструктур (вздутий, складок, горстов) и широких прогибов. Подобный сценарий зафиксирован во внутриплитных бассейнах многих регионов (Тянь-Шань Африка, Сев. Америка, Забайкалье, др.). Природа структурной дифференциации осадочных бассейнов до сих пор не получила истолкования, адекватного природным реалиям.

(3) *Постмагматическая тектоника гранитов и их углеводородный потенциал.* В пределах фундамента континентов и акваторий насчитывает более ста промышленных месторождений УВ. Около 40 принадлежит к разряду уникальных и крупных, и они поставляют ~15% мировых запасов нефти. Большая часть месторождений УВ расположена в пределах гранитных массивов. Формирование интрагранитных залежей УВ, в основном, приурочены к положительным морфоструктурам фундамента (куполам, горстам, островным горам), а граниты в зонах скопления УВ претерпели интенсивную постмагматическую тектоническую переработку (катаклиз, перекристаллизацию, пластическую деформацию). Перед нефтегазовой и структурной геологией встал вопрос о механизмах и формах постмагматической переработки гранитов, а также о механизмах формирования интрагранитных структур, являющихся вместилищем скопления УВ.

(4) *Объемная деформация неслоистых сред и механика гранулированных сред.* Одной из проблем, которая возникла при изучении интрагранитных залежей УВ, стала проблема объемной деформации относительно холодных и жестких гранитов и образования гранитных тел протыкания (протрузий). Изменение морфоструктуры гранитных тел и их положения в земной коре происходит при явной тенденции к образованию кластической инфраструктуры

породы и гранулированности среды. Поведение таких сред обладает рядом особенностей и описывается в рамках физики гранулированных сред и мезомеханики [1–3]. Гранулированная среда – это совокупность соприкасающихся друг с другом дискретных твердых доменов (зерен, блоков, связанных объемов), пространство между которыми заполнено вязкой субстанцией (флюид, воздух, диспергиты). При этом внутренняя связность вещества условно монолитных доменов выше, чем связность доменов друг с другом. «Твердое» тело, приобретающая гранулированную структуру, приобретает свойства «вязко-текучего» тела и способность к реидной деформации. Объемная подвижность – фундаментальное свойство блочной среды. Происходит разупрочнение фрагментированного материала на микроуровне и уменьшение коэффициента трения качения между частицами в макромасштабе. При деформации дискретных сред обычно наблюдается эффект дилатансии – увеличения объема материала, вызванное раскрытием пор и трещин]. Дилатансия особенно заметно проявляется при сдвиговом деформировании и вязко-катакластическом течении дискретных сред, и с ней связано разупрочнение горных пород, распространение флюидов в земной коре и т.д. Именно поведение гранулированных сред объясняет 3D подвижность гранитов на постмагматической стадии, формирование тел протыкания, возникновение интрагранитных ловушек UV.

(5) Структурно-вещественные преобразования в условиях деформации и механохимия.

В геологической литературе обсуждается вопрос о связях деформации горных пород и их вещественных преобразованиях, и как правило, дебатирован вопрос, является ли или нет деформация фактором метаморфических преобразований, и если является, то в каких геологических явлениях эта связь отражена. Одним из примеров парагенетической связи деформации и вещественного состава пород является толща каменноугольных пород Курганакской зоны Тянь-Шаня. Метаморфизм, при наличии единой последовательности отложений от кембрия до верхнего карбона, в этой зоне проявлен только в отложениях карбона, никогда не попадавших в область повышенных температур и давлений и приуроченных к объемам, затянута в зону пластического течения. Эти особенности заставляют привлекать некий дополнительный фактор вещественных преобразований, которым, могут быть механохимические эффекты. Суть механохимических эффектов в следующем: при деформации твердых тел от 5% до 30% механической энергии, затраченной на деформацию, задерживается кристаллической решеткой деформируемого тела. Запасенная энергия увеличивает термодинамический потенциал тела, и происходит химическая активация вещества и изменение прочности химических связей вплоть до их разрыва. В условиях деформации петрохимические реакции протекают при температурах на 100–400° ниже, чем в статических условиях, что и приводит к наблюдаемому результату.

Таким образом, современная структурная тектоника требуют использования подходов и парадигм, возникающих как благодаря поступлению новых знаний, так и развитию новых направлений физики и химии. Привлечение этих отраслей знания расширяет возможности структурной геологии и позволяет адекватно трактовать геологические явления.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 05-16-00 357 (разделы 1, 2) и Проекта № 0135-2018-0046 Программы Президиума РАН (разделы 3, 4, 5).

Литература

1. *Гарагаш И.А., Николаевский В.Н.* Неассоциированные законы течения и локализация пластической деформации // Успехи механики. 1989. Т. 12. Вып. 1. С. 131–183.
2. *Ревуженко А.Ф., Бобряков А.П., Косых В.П.* О течении сыпучей среды с возможным неограниченным скольжением по поверхностям локализации // Физ.-тех. Пробл. Разработки полезн. ископаемых. 1997. № 3. С. 37–42.
3. *Cambell C.S.* Rapid granular flow // Annu. Rev. Fluid Mech. 1990. № 22. P. 57–92.

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ИХНОКОМПЛЕКСЫ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕПЛОСТАНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Маленкина С.Ю

maleo@mail.ru, Геологический институт РАН, Москва, Россия.

Изученная местность находится на юго-западе Москвы, в наиболее приподнятой части Теплостанской эрозионной возвышенности, сложенной в основном меловыми отложениями, с абсолютными отметками 190—230 м. Восточный склон возвышенности, где располагаются верховья р. Городни и её притоков особенно расчленен глубокими эрозионными долинами, балками и оврагами, на склонах которых имеются многочисленные обнажения позволившие изучить её геологическое строение. Предпринятое автором тщательное изучение многочисленных обнажений меловых пород Битцевского леса выявило последовательную смену нижнемеловых отложений апта-альба с комплексами ихнофоссилий (неизученных ранее), а также развалы глыб верхнемеловых песчаников на самых высоких водоразделах.

Самой нижней из обнажающихся здесь является аптская **икшинская** свита [4], сложенная преимущественно белыми, реже светло-серыми, хорошо сортированными тонко-мелкозернистыми, редко до среднезернистых, кварцевыми, слюдястыми песками, с маломощными (0,01-0,17 м) прослоями серых и сиреневых алевритистых глин и бежевых алевритов. Слои песков в нижних частях почти без признаков биотурбации с четкой слоистостью (горизонтальной, волнистой, волнисто-линзовидной, бугорчатой, различного типа косой и косоволнистой, иногда флазерной и др.), выше сменяются слоями со слабой или средней интенсивности биотурбацией, затушевывающей эти текстуры. Ихнофоссилии представлены ихнофациями *Psilonichmus* и *Skolithos* [5]. Первая наблюдается в более низких частях свиты, где уверенно диагностируются ихнороды *Psilonichmus*, иногда с ними ассоциируют следы ископаемых корней растений, вторая сверху, реже они перемежаются. В составе ихнофации *Skolithos* определяются: *Skolithos*, *Diplocraterion*, реже подчиненные *Paleophycus* и возможно *Conichnus* (в самом верху). В кровле наблюдается ожелезнение по стенкам ходов типа *Planolites* и появляются редкие послойные сажистые примазки. Суммарная видимая мощность свиты 6-8 м. Анализ текстур и ихнофоссилий свидетельствует, что для свиты в целом характерны обстановки прибрежного мелководья: фации алеврито-песчаных осадков малых аккумулятивных форм (косы, пересыпи), песчаных осадков подвижного мелководья (бары), переходящих в фации тонкого переслаивания глинистых и алевритовых осадков [1], с признаками приливно-отливных образований [2].

Ворохобинская свита [4] с размывом (иногда ожелезнением на границе) ложится на подстилающие отложения и начинается пластом темно-серых, с сиренево-буроватым оттенком, биотурбированных алевритовых глин мощностью 0,45-0,5 м. Ходы от очень мелких (первые мм) до более крупных (первые см) внизу часто ожелезнены, заполнены песком. Выше биотурбация усиливается, ходы становятся все более крупными, появляются язычковая и волнистая типы ряби, с ожелезнением и частичной цементацией сидеритом, за счет чего пачка приобретает сиренево-желтую рябцеватую пестроцветную окраску. Еще выше в них появляются мелкие линзовидные прослой светлых кварцевых мелкозернистых песков, мощность и количество которых вверх по разрезу возрастает. В верхней части толща становится существенно алевритовой, без глин, пятнистой, интенсивно биотурбированной. Достаточно уверенно диагностируются *Teichichnus zigzag*, *Phycosiphon*, *Schaubcylindrichnus* ихнофации *Cruziana* [5]. Мощность свиты 8-9 м. Текстуры и ихнофоссилии соответствуют активно-мелководным обстановкам: фациям глинистых и песчано-алеваитовых осадков прибрежных полуизолированных частей заливов и лагунов и алеврито-песчаных осадков прибрегового взмучивания («рябчик») [1], возможно эстуариев или приливных отмелей [2].

Волгушинская свита [4] залегает на ворохобинской с четким контактом, со следами резкого обмеления, в основании с линзами слабого железистого песчаника. Внизу пески светло-серые слюдястые, полевошпат-кварцевые, от крупно- до мелкозернистых различной сортировки, массивные биотурбированные и косослоистые (до 1 м), сверху с желваками сидеритов и глинистыми прослоями. Выше пески становятся сначала мелкозернистыми,

затем переходят в алевроиты серые глинистые, чередующиеся с глинами алевроитовыми. Верхняя часть представлена мелкозернистыми желтовато- и зеленовато-серыми, иногда пестрыми от более светлых ходов инфауны типа *Bornichnus* или *Macaronichnus* ожелезненными кварцевыми песками (0,6 м), чередующимися с серыми с сиреневым оттенком средне-мелкозернистыми глинисто-алевроитистыми песками. В верхах присутствуют сильно ожелезненные сильно слоистые пески переходящие латерально в охристые крепкие песчаники (до 0,5 м), испещренные светлыми ходами *Palaeophycus*. Все ихнофоссилии входят в состав ихнофауны *Skolithos* [5]. Мощность свиты до 8 м. Широко развитые биотурбации волгушинской свиты присущи прибрежным фациям. Текстуры песков различны: массивная, горизонтальная параллельная, линзовидная, крупная разнонаправленная косая слоистость волнения, характерные для прибрежного мелководья с развитыми барами, с различной гидродинамической активностью [2].

Гаврилковская свита [4] выходит на поверхность вдоль правого притока Городни Большая Глинка. Она с четко выраженным размывом и сильным ожелезнением в подошве налегает на нижележащие свиты и сложена характерными в нижней части буро-зелеными, мелкозернистыми, кварц-глауконитовыми, неравномерно глинистыми, биотурбированными песками, в основании разнотекстурными, с линзочками глин, с гравием и мелкой галькой кварца, кремня, иногда с песчаниками. Выше пески становятся интенсивно зелеными мелкозернистыми, слоями интенсивно биотурбированными, более светлыми за счет заполнителя ходов. Еще выше в них иногда появляются следы обмеления, выраженные более крупной, в основном средней зернистостью серо-зеленых глауконит-кварцевых песков, нередко с косой диагональной слоистостью. Мощность свиты 5-8 м. Отложения довольно сильно биотурбированы, в нижней части присутствуют крупные *Thalassinoides*, выше *Diplocraterion*, *Planolites*, *Ophiomorpha?*, *Skolithos*, характерные для ихнофауны *Skolithos* литорали и сублиторали [5].

Парановская свита [4] залегает выше и представлена здесь переслаиванием темных зеленовато-серых и темно-зеленых глауконит-кварцевых тонко- и мелкозернистых глинистых песков, алевроитов и глин, в основании с примесью гравийных зерен в основном кварцевых. Внизу она более однородная, несмотря на биотурбации (ихнофауна *Cruziana*) и более песчаная. Выше в ней появляется комковатость и неравномерность окраски, в дальнейшем приводящая к пятнистости и рябцеватости, иногда, желваковой отдельности за счет неравномерного распределения глин и кластического материала разной размерности. Суммарная мощность свиты здесь не менее 10 м. Обстановки свойственны сублиторали.

Что касается вышележащих верхнемеловых отложений, то они в настоящее время не вскрываются р. Городней и ее притоками, хотя возможно ранее и обнажались, поскольку в русле и на водоразделах присутствуют многочисленные глыбы характерных зеленовато-серых глауконит-кварцевых песчаников, судя по фауне иноцерам, относящихся к коньякскому ярусу, с крупными ходами *Skolithos gorodnensis* Malenkina et Naugolnykh [3] др.

Литература

1. Алексеев В.П. Атлас субаквальных фаций нижнемеловых отложений Западной Сибири (ХМАО-ЮГРА). Екатеринбург. Издательство УГГУ. 2014г. 284с.
2. Лидер М. Р. Седиментология. Процессы и продукты. М.: Мир, 1986. 439 с.
3. Маленкина С.Ю., Наугольных С.В. Геологические и исторические достопримечательности верховьев реки Городни (г. Москва, Битцевский лес) // Палеоэкология: методологические основы, фактологический потенциал, применение в музейных экспозициях. Москва: Медиа-Гранд. 2017. С. 104-120.
4. Олферьев А.Г. Новые данные о геологическом строении нижнемеловых отложений Подмосковья // Геология и полезные ископаемые Центральных районов Восточно-Европейской платформы. М.: Наука. 1986. С. 44-55.
5. Trace fossils. Concepts, problems, prospects / ed. W. Miller. Humboldt State University, Arcata, CA, USA, 2007, 611 p.

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ БРЕКЧИИ Г. ШАПОЧКА. СЕВЕРО-ЗАПАД ВЕТРЕННОГО ПОЯСА

Корсаков А.К., Межеловская С.В., Межеловский А.Д., Тарасов М.С.

Mezhelsofya@gmail.com, МГРИ-РГПРУ, Москва, Россия

Ветренный пояс расположен в юго-восточной части Фенноскандинавского щита и простирается с севера-запада на юго-восток примерно на 250 км при ширине выходов от 15-85 км. Структура на сегодняшний день является слабо изученной в силу своей труднодоступности и плохой обнаженности. Пояс является осадочно-вулканогенным, относится к сумийскому надгоризонту палеопротерозоя и представляет собой узкую вытянутую зеленокаменную структуру. На северо-востоке он граничит с Беломорским подвижным поясом по зоне регионального надвига, четко фиксирующегося в геофизических полях по гравитационной ступени; на юго-западе Ветренный Пояс надвинут на архейские комплексы Карельской гранит-зеленокаменной области.

В разрезе Ветренного Пояса принимают участие как вулканогенные, так и осадочные комплексы, претерпевшие низкотемпературный метаморфизм в условиях зеленосланцевой фации. Характерной особенностью пояса является наличие огромного лавового плато коматиитовых базальтов, сформированных на заключительных этапах становления структуры. Уникальность данных вулканических образований является достаточно высокая степень сохранности первичных вулканических структур и зон закалики, представленных структурой спинифекс. Максимальная мощность лавового плато отмечается в его юго-восточной части и по геофизическим данным достигает 4 км. Данное обстоятельство указывает на наличие мощного специфического ультраосновного высокомагнезильного вулканизма, проявленного в виде широкой полосы северо-западного простиранья на окраине Карельского кратона в начале палеопротерозоя.

Многолетнее изучение Ветренного Пояса различными исследователями (Куликов В.С., Куликова В.В., Слюсарев В.Д., Зудин А.И., Корсаков А.К., Федчук В.Я., Межеловский А.Д., Межеловская С.В. и др.), позволили установить в его вулканогенной части различные по морфологии и размерам трубообразные тела, сложенные вулканическими брекчиями с преимущественно кварцевым цементом. Данные образования, возможно, слагают трубки взрыва, обнаруженные в пределах опорных обнажений на гг. Голец, Шапочка, Бол. Левгора и на Мяндуха. Впервые данные образования были описаны Куликовым В.С. и Слюсаревым В.Д. в 1972 году и были отнесены к жерловой фации палеовулканических построек.

В ходе изучения обнажений в пределах г. Шапочка, на одном из склонов было обнаружено изометричное тело около 50 м в поперечнике, сложенное вулканическими брекчиями. Характер контактов с вмещающими породами секущий, и обломки представлены базальтами, аналогичными вмещающим подушечным лавам. Морфология обломков различна, встречаются как угловатые, так и округлые разности различного размера (рис.1). Характерной особенностью являются треснутые и слегка смещенные обломки, что может указывать на взрывной процесс. Размер обломочной составляющей варьирует от псамитовой до грубообломочной и в некоторых случаях достигает 15-18 см. Обломки без острых углов завальцованы и, возможно, оплавлены. Цемент иногда также сложен базальтами и ожелезнен на поверхности, но чаще имеет кварц-полевошпатовый состав, в котором встречаются вкрапления сульфидов: в основном это пирит и халькопирит и иногда довольно крупные обломки магнетита, которые могут иметь гидротермальный генезис.



Рис.1. Вулканические брекчии

При петрографическом изучении было установлено, что обломки представлены сильно изменёнными базальтами с реликтовыми структурами по типу спинифекс, замещенными в настоящий момент низкотемпературными минералами такими как актинолит, хлорит и эпидот. При сопоставлении микроструктур из обломков брекчий с вмещающими вулканитами была обнаружена их высокая идентичность. Цемент в шлифах представлен кварцем двух генераций. Ранний кварц выражен крупными зёрнами и занимает практически всю основную цементирующую массу, по краям таких зёрен на границе с обломками находятся реакционные каймы шестоватого минерала с низкими интерференционными окрасками, предположительно группы хлорита. Более поздний кварц представлен мелкими кристаллическими зёрнами, развитыми преимущественно по трещинам, также с ним ассоциирует новообразованный кислый плагиоклаз. Местами наблюдается мелкозернистая масса с низкими серыми окрасками, имеющая инъекционные взаимоотношения с кварцем и обломками базальтов. Возможно, это изменённое вулканическое стекло.

Аналогичные трубообразные тела были выявлены Куликовым В.С. и Слюсаревым В.Д. в пределах гг. Большая Левгора, Мяндуха, Безымянная и Голец. По их мнению, данные образования следует относить к жерловой фации. Из типичных особенностей ими были отмечены следующие: изометричная форма тел в плане от 40 до 150 м диаметром, контакты некков (трубок взрыва) с вмещающими лавами оливиновых базальтов обычно имеют постепенный переход от вмещающих эффузивов к вулканическим породам жерловин на коротком интервале 0.5-1.0 м, состав обломков отвечает составу пород рамы, что указывает на то, что они не перемещались в процессе вулканического извержения, а были раздроблены в момент взрыва и сцементированы впоследствии кварцем и другими гидротермальными минералами. Несмотря на постепенный, но довольно короткий переход, характер контактов явно секущий. Иногда в качестве цемента выступает изменённое вулканическое стекло. Отсутствие пород другого состава в обломочной части брекчий авторы объясняют небольшой глубиной заложения трубок, по-видимому, не превышающей мощность свиты ветреного пояса, этим же можно и объяснить отсутствие глубинных мантийных ксенолитов [Слюсарев В.Д., Куликов В.С., 1972].

Трубки взрыва, образованные вулканическими брекчиями эксплозивного облика, широко проявлены в пределах зон кимберлитового магматизма и не являются исключением при базальтовом вулканизме. Подобные вулканические брекчии встречены в Гирвасской палеовулканической постройке, представляющей часть эруптивного жерла в виде трубки взрыва. Стоит отметить, что там также широко проявлено гидротермальное минералообразование. В последнее время при проведении геологосъемочных работ на территории Архангельской области, примыкающей непосредственно к Ветреному Поясу, выявлен ряд трубок взрыва, сложенных мелилитами некимберлитовой природы. Это обусловлено неоднородностями тектонического строения фундамента и многочисленными зонами разуплотнения, в том числе и глубинными мантийными разломами.

Восстановление условий образования для докембрийских вулканокластических комплексов зачастую вызывает большие затруднения в связи с наложенными более поздними процессами, однако вышеперечисленные особенности, выраженные в структурных характеристиках расположения обломков, местами их трещиноватости с минимальными перемещениями по границе трещин, явно гидротермальным цементом, инъекциями возможного вулканического стекла на фоне секущего характера брекчий с породой рамы и идентичности состава обломков с вмещающей массой, может указывать на взрывной характер образования брекчий, но требует дополнительного изучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-05-00592

Литература

1. Слюсарев В.Д., Куликов В.С. Геохимическая эволюция базит-ультрабазитового магматизма протерозоя (Юго-Восток Балтийского щита. Слюсарев В. Д., Куликов В. С. Изд-во - Наука, Ленингр. отд., Л., 1972, 1—104.

ПРИЗНАКИ ФЛЮИДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В КОНГЛОБРЕКЦИЯХ ВЕРХНЕГО ВЕНДА КРЯЖА ВЕТРЕННЫЙ ПОЯС (ФЕННОСКАНДИНАВСКИЙ ЩИТ)

Межеловская С.В.,¹ Новикова А.С.,² Ульянов Д.К.¹

¹ Mezhelsofya@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

² Геологический институт РАН, Москва, Россия

На севере кряжа Ветреный Пояс, в центральной его части верхневендские отложения обнажаются в виде небольших останцов некогда единого платформенного чехла. На данной территории к венду относятся неметаморфизованные осадочные породы, залегающие с большим угловым и стратиграфическим несогласием на архейско-нижнепротерозойском фундаменте и выделяются в ранге усть-пинезской свиты. Ее выходы закартированы в виде двух полос СЗ простирания на склонах кряжа Ветреный Пояс и нескольких небольших пятен в бассейнах рек Никодимка, Подломка. В большинстве случаев свита перекрыта четвертичными отложениями и изучена в буровых скважинах; несколько естественных обнажений свиты известно на р. Подломка, а также в обрывах Шиборучья и р. Ниमेंгга.

Наиболее полные разрезы усть-пинезской свиты вскрыты на склонах Ветреного Пояса [Государственная...2001] в районе р. Унежма. Свита подразделяется на три пачки: нижняя мощностью до 20,5 м. В ее основании залегают бурая с пятнами осветления брекчия, состоящая из обломков архейских гнейсов. Цвет пород зеленовато-серый и бурый. Средняя пачка усть-пинезской свиты (до 27 м) обычно залегают на нижней с небольшим размывом, а в осевой зоне Ветреного Пояса - на нижнепротерозойских эффузивах, и отличается от нижней присутствием обломочного материала из этих эффузивов. В осевой зоне кряжа в основании средней пачки залегают конгломераты, состоящие из хорошо окатанных галек эффузивов; по мере удаления от Ветреного Пояса конгломераты замещаются гравелитами и граувакковыми песчаниками. Верхняя пачка (до 35 м) вскрыта на северном склоне кряжа и представлена светлыми среднезернистыми кварцевыми песчаниками с отдельными включениями галек эффузивов.

В бассейнах рек Никодимка и Подломка в останцах вендского чехла обнажается и вскрыта скважинами только самая нижняя часть усть-пинезской свиты, представленная конгломератами и брекчиями с линзовидными прослоями песчаников. Состав обломков указанных пород целиком зависит от состава подстилающих образований архея и нижнего протерозоя и представлен кристаллическими сланцами, гнейсами, габброидами и др. Породы сильно ожелезнены, окрашены в бурый цвет [Государственная...2001].

Нами были изучены отложения усть-пинезской свиты в обнажении на правом берегу р. Подломка в 400 м ниже по течению от порога Олений Рог. В обрушившейся стенке обнажаются пестрые, вишнево-бурые обломочные породы, представленные плохо сортированными обломками различного размера. Непосредственно у уреза воды преобладают крупные обломки от 30 до 10 см с преобладающим гранитным составом, встречаются отдельные кварцево-жильные гальки, степень окатанности от хорошо до средне окатанной. Выше по разрезу размерность обломков постепенно уменьшается до гравийно-псаммитовой, появляются отдельные угловатые обломки зеленых сланцев, предположительно аналогичные киричской свите, обнажающейся выше по течению. На всех обломках обнаружена тонкая бурая гематитовая пленка, придающая им соответствующий цвет. Степень литификации достаточно низкая и представлена карбонатно-глинистым цементом. Местами наблюдаются участки осветления пород, напоминающие штокверкоподобные иньекции с секущими контактами. Перечисленные особенности: выраженные в высокой степени окатанности большей части обломков, плохая сортировка материала и обогащенность глинистым веществом типична для микститов и тиллитов, а не для грубозернистых аллювиально-пролювиальных отложений. По данным [Государственная...2001] в конглобрекциях усть-пинезской свиты на этом участке зафиксированы находки единичных осколков алмазов.

Нами была отобрана шлиховая проба, и в последствии был проведен шлихо-минералогический анализ. В составе тяжелой фракции преобладают гидроокислы железа (преимущественно гематит), содержание которого достигает 80 %. Также были встречены гранаты розового цвета, фарфоровидные агрегаты лейкоксена светло-серого, белесого и зеленоватого цвета. Циркон двух генераций: крупные, сильно измененные, трещиноватые, с налетом, неокатанные зерна, сероватого цвета, и вторая генерация более мелкие полукатанные зерна, коричневатого-прозрачные. Также бутылочно-зеленые плохо окатанные зерна эпидота, темно-зеленый неокатанный амфибол, желтовато-зеленый полукатанный оливин, коричневый призматический турмалин, октаэдрический черный хромит, бесцветный окатанный апатит, прозрачный кианит, вторичные минералы и прозрачные октаэдрические зерна неопределенного минерала.

Вышеперечисленные геолого-минералогические особенности позволяют предположить, что в данном месте породы усть-пинезской свиты претерпели флюидно-метасоматические преобразования. На данное обстоятельство указывают следующие факты:

- в обнажении встречаются участки осветления пород преимущественно в псамитовой части разреза, где на фоне вишнево-бурых пород встречаются осветленные прожилки по типу штокверков, имеющие явно секущие взаимоотношения с породой рамы;

- полное отсутствие сортировки обломочного материала: и по составу, и по размеру;

- наличие специфической минеральной ассоциации тяжелой фракции: на фоне преобладающего до 80% гематита, присутствует сохранившийся оливин, что само по себе аномально, так как молодых источников глубинного минерала на это территории нет, а пестрая окраска пород явно указывает на гипергенные изменения при которых оливин был бы разрушен или преобразован во вторичные минералы;

- по степени механического износа практически все минералы неокатаны или слабо окатаны, что свидетельствует о близком источнике сноса;

- сам факт сильного ожелезнения, выраженного в гематитизации конглобрекчий. Стоит отметить, что по литературным данным такая пестрая окраска характерна для флюидолитов, а возможным источником железа мог стать метасоматоз, который сопровождается флюидогенный процесс и выражается в новообразовании большого количества рудных минералов, которые в последствии могли претерпеть гипергенные изменения;

- присутствие знаков алмазов без следов механического износа;

Зону структурного сочленения Балтийского щита и Русской плиты можно рассматривать в качестве перспективной для поиска флюидолитов, часть из которых может быть алмазоносной, как более проницаемой и благоприятной тектонической структурой для флюидогенного процесса. Доказательством проявления таких процессов в этой зоне являются флюидно-эксплозивные брекчии, выявленные в пос. Яболоновка [Афанасов М.Н., 2003]: аналогичные доказанные флюидолиты описаны на Золотицком алмазоносном поле в Архангельской области, в том числе и в вендских отложениях Приладожья по Якобсону К.Э., а также в целом ряде проявлений, выявленных в отложениях платформенного чехла северо-запада Русской плиты. [Енгальчев С.Ю., 2007].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-05-00592

Литература

1. Афанасов М. Н. Перспектива алмазоносности Карельского перешейка (Западное Приладожье) / М. Н. Афанасов, В. А. Николаев // Региональная геология и металлогения. – Санкт-Петербург. – 2003. – № 8. – С. 116–121.

2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Карельская. Листы Р-37-І (Маленьга), Р-37-VII (Сергиево). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. 94 с. +1 вкл. (МПР РФ, ПГО «Архангельскгеология»).

3. Енгальчев С. Ю. Геолого-геохимические особенности инъекционных жил туффзитов из среднедевонских песчаников юго-запада Ленинградской области / С. Ю. Енгальчев // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология и география. – 2007. – Вып. 4. – С. 3–15.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПЛАВЛЕНИЯ КОМАТИИТОВЫХ БАЗАЛЬТОВ СВИТЫ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА

Межеловский А. Д., Ульянов Д. К.

Geoson@yandex.ru, МГРИ-РГПРУ, Москва, Россия

Термин «Коматитит» был введен в литературу братьями Морисом и Робертом Вильонами в 1969 г. Под этим названием (по р. Комати, ЮАР) они описали вулканические породы с высокими содержаниями MgO, но низкими Al₂O₃ и необычно высоким отношением CaO/Al₂O₃, отличным от такового для базальтов, пикритов и перидотитов. Вскоре эти породы были описаны в Австралии в 1971 г. Р.В. Несбит впервые дал название весьма своеобразной структуре коматититов – spinifex – по ее сходству с остролистной австралийской травой *Triodia spinifex*. В СССР одной из первых данный термин предложила С.Н. Сулова в 1976 г. В 1979 г. было принято определение коматитита как ультрамафической вулканической породы, с содержанием MgO 18 % в пересчете на безводный остаток [Коматититы..., 1988]. Неотъемлемым признаком коматититов является структура спинифекс, которая встречается как в ультраосновных вулканитах, так и в эффузивах основного состава. Согласно классификации, предложенной Куликовым В.С. в качестве параметра на котором основано разделение на группы принято содержание MgO%, так пограничным значением для разделения собственно коматититов (ультраосновных) и коматититовых базальтов (основных) утверждено содержание MgO 24%. Минеральный состав пород коматититовой серии: оливин (Fa₅₋₂₀), клинопироксен (авгит, диопсид), хромшпинелид и в разной степени раскристаллизованная основная масса. Для отличия внутри группы основных пород принято считать содержание MgO 9% и наличие спинифекс структур [Коматититы..., 1988].

Свита ветреного пояса в пределах одноименной структуры завершает разрез нижнего протерозоя. Залегает без видимого перерыва на виленгской свите. Сложена многочисленными потоками пироксеновых, оливиновых и коматититовых базальтов мощностью от нескольких до первых десятков метров. В некоторых частях потоков проявлены полнокристаллические разности, состоящие из моноклинного пироксена, основного плагиоклаза и небольшого количества бывшего оливина, замещенного вторичными минералами. На фоне стекловатой массы наблюдаются игольчатые кристаллы пироксена, образующие структуру микроспинифекс, и столбчатые порфиробласты замещенного оливина. В областях развития зеленосланцевой фаций оливин замещается серпентином, стекло – пренитом и пумпеллитом, пироксен – хлоритом и актинолитом. Мощность свиты ветреного пояса по геофизическим данным достигает 4000 км в юго-восточной части структуры. По данным Куликова В. С. свита сложена коматититовыми базальтами. Породы принадлежат к лавовой, жерловой и гипабиссальной фациям, причем лавовая фация занимает резко доминирующее положение [Коматититы..., 1988].

Поскольку главный критерий классификации пород петрохимический, то его выбор обусловлен тем, что многие высокомагнезиальные вулканиты содержат значительное количество разложенного или измененного стекла, а первичные минералы (оливины, пироксены, плагиоклазы и др.) редко сохраняются, что иногда может затухивать первичные структуры и текстуры пород, особенно в докембрийских комплексах. Степень сохранности структур в коматититовых базальтах свиты ветреного пояса в достаточной степени высока, но состав первичных минералов слагающих характерную структуру спинифекс зачастую установить сложно. В связи с этим была предпринята экспериментальная попытка восстановить структуру спинифекс и первичный минеральный состав путем плавления коматититовых базальтов свиты ветреного пояса, тем самым «сняв» метаморфические преобразования. Стоит отметить, что подобные эксперименты проводились и ранее [N.T. Arndt and C.M. Lesher, 2008] на примере архейских коматититов, а также Куликовым В.С. [Куликов В.С., и др. 1971] на примере свиты ветреного пояса.

Для эксперимента был выбран один из лавовых потоков на г. Голец. Исходный состав породы, определенный методом мокрой химии мас. % SiO₂–49,30; TiO₂–0,70; Al₂O₃–11,23; FeO*–11,58; MnO–0,23; MgO–14,14; CaO–11,27; Na₂O–1,33; K₂O–0,14; P₂O₅–0,07.

Изначально образец был раздроблен и в последствии был помещен в два корундовых тигля. Было произведено два эксперимента, в обоих случаях плавление осуществлялось в предварительно разогретой печи и продолжалось около 8 часов в окислительной среде при температуре 1300 градусов, дополнительного подогрева не проводилось.

Первый эксперимент (Т-1) после полного расплавления один из тиглей тут же был полностью опущен в дистиллированную воду и моментально застыл. Второй эксперимент (Т-2): тигель с расплавом в нагретой до 1300 градусов печи, оставался остывать при плавном естественном понижении температуры при отключенной печи застыл через 48 часов. В шлифе Т-1 наблюдается изотропное стекло, мелкие игольчатые, иногда скелетные вытянутые кристаллы с высокими интерференционными окрасками, многочисленные трещины, возникшие вероятно от резкого изменения объема расплава. При этом стоит отметить, что кристаллы были обнаружены ближе к стенке тигля, который судя по всему быстрее остывал. В основной массе также наблюдается очень мелкая пылеватая вкрапленность изотропного минерала вероятно рудного. В шлифе Т-2, который формировался постепенно остывая в печи, ближе к основанию тигля были обнаружены новообразованные структуры, состоящие из минералов, а по форме напоминающие «соцветие». В центральной части расположен черный изотропный (рудный) минерал угловатой формы, а по периферии «лепестки», представленные очень мелкими, скелетными минералами с желтовато-оранжевыми интерференционными окрасками.

Для уточнения состава минералов был проведен анализ на электронном микроскопе с ЭДС приставкой. Удлиненные, призматические кристаллы в первом образце отвечают форстериту с $Mg\# - 0,97$. Изотропные выделения являются разновидностью минералов группы хромшпинелидов $Mg\# - 0,48-0,52$ и $Cr\# - 0,1-0,3$. В образце Т-2 скелетные минералы «лепестков» соответствуют минералам группы пироксенов. В центральной части «соцветия» рудный минерал отвечает хромшпинелидам, материал основной массы обеден кремнеземом и железом и обогащен алюминием кальцием и натрием и соответствует стеклу.

Таким образом в ходе двух экспериментов удалось «снять» метаморфические преобразования первичных минералов и попробовать реконструировать структуру спинифекса для коматиитовых базальтов свиты ветреного пояса. Несмотря на то что подобные эксперименты проводятся достаточно давно, нам удалось получить локальные участки структуры микроспинифекса, которая сложена игольчатым форстеритом и доказать это с использованием как оптических, так и аналитических методов, чего не проводилось ранее для данной структуры. Во втором случае отсутствие оливиновой фазы вызвано скорее всего быстрой кристаллизацией, а полученные причудливой формы минеральные выделения образовались за счет кристаллизации хромшпинелидов, которые постепенно оседали под действием гравитационного осаждения и потом послужили затравкой для роста скелетных кристаллов пироксена.

Авторы выражают благодарность Куликову В.С., Куликовой В.В и Ерофеевой К.Г за ценные советы и консультацию.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-05-00592

Литература

1. Arndt N. T., Leshner C. M. and Barnes S. J. Komatiite. / N. T. Arndt. // The Edinburgh Building, Cambridge. – 2008. P. 3-10.
2. Куликов В.С. Коматиты и высокомагнезиальные вулканиты раннего докембрия Балтийского щита / В.С. Куликов, А.И. Светова, М.Б. Раевская, В.Я. Горьковец, С.А. Вяжнев, В.В. Куликова, А.В. Гирнис, И.Д. Рябчиков / ИГ Карел. фил. АН СССР. – Л.: Наука, – 1988, 192 с.
3. Куликов В.С., Калинин Ю.К. Экспериментальное воспроизведение некоторых структур базальтов Ветреного Пояса. / Минералогия и геохимия докембрия Карелии. Труды академии наук. Вып. 7, Из-во Наука, 1971, с. 168-172.

ТЕКТОНО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ: СТРОЕНИЕ, ВОЗРАСТ И СОСТАВ

Палечек Т.Н., Моисеев А.В.

tpalechek@yandex.ru, Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

Район исследований расположен в восточной части Усть-Бельского региона Западно-Корякской складчатой системы, где широко развиты среднемезозойские вулканогенно-кремнисто-терригенные породы. Они входят в состав покровно-складчатых структур, сформированных в результате аккреционных процессов, проявленных вдоль Азиатского континента. В северной части нагорья подобные образования объединены в алганскую (ранее пекульнейвеемскую) свиту и чирынайскую серию (Кайгородцев, 1961; Кальянов, 1961; Шмакин, 1988; Терехова, 1987; Зинкевич, 1981). Область их распространения соответствует Алганской и Майницкой структурно-формационным зонам (Зинкевич, 1981; Чехов, 1982; Ставский и др., 1989; Соколов, 1992), позже выделенным в одноименные террейны (Парфенов и др., 1993; Соколов, Бялбожеский, 1996). Большинство исследователей возраст алганской свиты и чирынайской серии рассматривался как позднеюрско-раннемеловой. Детальное изучение отдельных участков позволило выделить несколько различных структурно-вещественных комплексов и продемонстрировать участие мезозойских комплексов в многочисленных покровно-надвиговых дислокациях (Очерки..., 1982; Соколов, 1992; Филатова, Вишневская, 1992; Вишневская, Филатова, 1996; Палечек и др., 2013; Моисеев, 2015; Палечек и др., 2016).

На основании строения и состава пород в пределах Алганского террейна Усть-Бельских гор были выделены несколько комплексов: вулканогенно-кремнистый, вулканогенно-туфотерригенный и туфотерригенный. Изучение особенностей состава и строения выделенных комплексов позволило реконструировать ряд палеоструктур, сформированных во фронте позднеюрской-раннемеловой Удско-Мургальской островодужной системы. Породы вулканогенно-кремнистого комплекса предположительно были сформированы в пелагических частях глубоководного бассейна. Накопление пород туфотерригенного комплекса происходило в предостроводужной части желоба. Олистоострововые горизонты были образованы при размыве структур аккреционной призмы. Породы вулканогенно-туфотерригенного комплекса образованы в относительно мелководном окраинноморском бассейне. В результате исследований был установлен возраст выделенных тектоно-стратиграфических комплексов. Описаны новые кимеридж-титонская, берриасская и кампанская ассоциации радиолярий (Палечек и др., 2013; Моисеев, 2015; Палечек и др., 2016). Кремнистые горизонты различных стратиграфических уровней были образованы в разнообразных палеоклиматических зонах. Кимеридж-титонские кремни были накоплены в северо- и южно-бореальной провинциях; титон-берриасские – в южно-бореальной и северо-тетической. Изучение таксономического состава кимеридж-титон-берриасских радиоляриевых ассоциаций Усть-Бельских гор показало, что наибольшее сходство наблюдается с ассоциациями, описанными В.Кисслингом из Антарктики (Kiessling, 1999), некоторые черты сходства также есть и при сравнении с разновозрастными ассоциациями Северной Америки (Hull, 1997; Pessagno et al., 2009) и Японии (Aita, Okada, 1986).

Таким образом, в результате исследований в Корякском нагорье был выделен ряд тектоно-стратиграфических комплексов, установлен их возраст, сделаны выводы об условиях осадконакопления, для большинства комплексов проведена реконструкция первичных взаимоотношений.

Работа выполнена по теме госзадания ГИН РАН № 0135-2015-0034, № 0135-2016-0022 и частичном финансировании гранта Президента РФ МК-132.2017.5.

Литература

1. Вишневская В.С., Н.И. Филатова. Радиоляриевая биостратиграфия мезозоя Северо-Востока России // Тихоокеан. Геология, 1996. Т. 15. №1. С. 16-43.

2. Зинкевич В.П. Формации и этапы тектонического развития севера Корякского нагорья. М.: Наука. 1981. 107 с.
3. Кайгородцев Г.Г. Офиолитовые формации хребта Пекульней // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1961. Вып. 15. С. 93-104.
4. Кальянов В.Г., Беляцкая Б.П. Отчет о работе Верхне-Коначанской геологической партии м-ба 1:200 000 за 1961 г. Анадырь, 1961.
5. Моисеев А.В. Структура и история тектонического развития Усть-Бельского сегмента Западно-Корякской складчатой системы (СВ России, Корякия). Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. М.: 2015. 30 с.
6. Очерки тектоники Корякского нагорья / Ред. Ю.М. Пушаровский, С.М. Тильман. - Тр.ГИН и СВКНИИ ДВНЦ АН СССР. М.: Наука. 1982. 220 с.
7. Палечек Т. Н., Моисеев А.В, Соколов С.Д. Новые данные о строении и возрасте юрско-нижнемеловых отложений Алганского террейна (район р. Перевальная, Корякское нагорье, Чукотка) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2013. Т. 21. №2. С. 43-60.
8. Палечек Т.Н., Моисеев А.В., Гульпа И.В. Тектоностратиграфия северо-западной части Корякского нагорья (р-н Усть-Бельских гор). // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2016. Т.24. №4. С.55-81.
9. Парфенов Л.М., Натапов Л.М., Соколов С.Д., Цуканов Н.В. Террейны и аккреционная тектоника Северо-Востока Азии // Геотектоника. 1993. № 1. С. 68-78.
10. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука. 1992. 182 с.
11. Соколов С.Д., Бялбжецкий С.Г. Террейны Корякского нагорья // Геотектоника. 1996. №6. С. 68-80.
12. Ставский А.П., Березнер О.С., Сафонов В.Г., Злобин С.К. Тектоника Майницкой зоны Корякского нагорья// Тихоокеан. Геология. 1989. № 3. С. 72-80.
13. Терехова Г.П. Отчет по теме “Биостратиграфия сеноман-туронских отложений северо-восточной части Корякского нагорья для целей крупномасштабного картирования” за 1985-1987 гг. Магадан, 1987.
14. Филатова Н.И., Вишневская В.С. Аллохтонные формации среднего мезозоя северо-западного континентального обрамления Тихого океана // Доклады Академии Наук. 1992. Т. 323. № 4. С. 734-740.
15. Чехов А.Д. Тектоника Таловско-Пекульнейской зоны // Очерки тектоники Корякского нагорья. М.: Наука. 1982. С. 70-106.
16. Шмакин В.Б. Литология верхнемезозойских кремнево-терригенных отложений Севера Корякского нагорья: Автореф. дис. канд. геол.-мин. Наук. М.: 1988. 16 с.
17. Aita Y., Okada H. Radiolarians and calcareous nannofossils from the uppermost Jurassic and Lower Cretaceous strata of Japan and Tethyan regions // Micropaleontology. 1986. Vol.32. № 2. p.97-128.
18. Hull D.M. Upper Jurassic Tethyan and southern Boreal radiolarians from western North America. Micropaleontology. 1997. №43. Suppl.2., p.1-202.
19. Kiessling W. Late Jurassic Radiolarians from Antarctic Peninsula // Micropaleontology. 1999. V.45. s.1. P.96.
20. Pessagno Emile A., Cantú-Chapa Abelardo , Mattinson James M., Meng Xiangying and Kariminia. Seyed Mohsen. The Jurassic-Cretaceous boundary: new data from North America and the Caribbean. Stratigraphy. 2009. V. 6. no. 3. P.185-262.

МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ В РАЙОНАХ ПОДМОСКОВНОЙ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Погребс Н.А.

pogrebs@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Территория Московской области сложена карбонатными породами с небольшим количеством глинистых прослоев каменноугольного возраста (нижний, средний и верхний карбон) и песчано-глинистыми породами юрского и мелового возраста (средняя и верхняя юра и нижний мел). Отложения серпуховского яруса нижнего отдела карбона наблюдаются в окрестностях г. Серпухова в отработанном карьере Заборье, подольского и московского яруса среднего карбона - в Подольском, Домодедовском и Никитском карьерах, а также на востоке области в Паньшинском карьере станции Пески. Отложения гжельского яруса верхнего карбона представлены карбонатными породами, которые вверх по разрезу сменяются пестроцветными глинами (Коняшинский карьер станции Гжель).

После образования карбонатных пород в результате геологической работы подземных вод образуются карстовые каверны, каналы и пещеры. В них происходит переотложение главного породообразующего минерала – кальцита в виде натечек, корок, небольших по размеру сталактитов и кристаллов (секреции, друзы, щетки). К редким находкам относится волокнистый кальцит в трещинах стешевских известняков карьера Заборье.

Повсеместно в каменноугольных карбонатных породах распространены кремни в виде конкреций и прослоев различных размеров от 1-2 см до 1 м. Главный минерал кремней - халцедон (98 %), встречаются примеси глинистых минералов, кальцита, апатита, гематита, остатки раковин. В Паньшинском карьере преобладают цветные кремни с пятнистой окраской, в Подольском и Домодедовском карьерах – кремни черного цвета. Подмосковные кремни можно использовать как поделочные камни (Волярович, 1991).

Кварц также встречается в карбонатных породах довольно часто, его мелкие кристаллы образуют щетки и жеоды в пустотах карбонатных пород и кремневых конкреций (Подольский, Домодедовский и Гжельские карьеры).

Образование кремнистых минералов может быть обусловлено деятельностью минерализованных термальных растворов, обнаруженных в осадочных породах Московской области многими буровыми скважинами на глубине 1-2 км. (Волярович, 1991).

Флюорит впервые обнаружен Фишером фон Вальдгеймом в 1806 году в Ратовском овраге близ г. Веряя. Образует землистые серо-сиреневые массы (ратовкит), реже кристаллы (вторая генерация) в отложениях каширского горизонта среднего карбона. По данным Л.В. Пустовалова (1937 г.) флюорит формировался вместе с доломитом химическим путем в засоленных бассейнах в конце цикла осадконакопления и затем переоткладывался в виде мелких кристаллов и прожилков, приуроченных к кремнисто-глинистым прослоям. Скорее всего, флюорит распространен в карбонатных породах Московской области довольно широко. Анализы на содержание фтора в породах проводятся редко, но часто наблюдается избыток СаО. В мячковском горизонте московского яруса среднего карбона он составляет 1-2 %, что соответствует содержанию в пробах флюорита от 1,76 до 3,52 %, еще большее количество наблюдается в карбонатных породах подольского горизонта (Геология СССР, том IV, 1974).

В Московской области Ю.В. Яшунским был обнаружен аутигенный калиевый полевой шпат (КПШ) в известняках верхнего карбона Гжельского и Русавкинского карьеров. В карбонатных отложениях подольского и мячковского горизонтов московского яруса среднего карбона в Подольском и Домодедовском карьерах аутигенный КПШ (санидин) замещает кальцитовый органогенный детрит. Установлены три морфологические разновидности КПШ: каймы нарастания на обломочные зерна калиевых полевых шпатов, футлярвидные идиоморфные кристаллы и псевдоморфозы по органогенному детриту.

По данным многочисленных зарубежных и отечественных исследователей формирование аутигенных калиевых полевых шпатов связано с гравитационно-рассольным эпигенезом, когда придонные растворы эвапоритовых морских палеобассейнов проникали в нижележащие горизонты (Яшунский, 2016,2017).

Среднеюрские байосс-батские коры выветривания приурочены к палеодолинам древних рек и карстовым полостям в каменноугольных известняках, они представлены кудиновской толщей – глинами кальциево-монтмориллонитового состава (элювий каменноугольных пород, накопленный за время перерыва осадконакопления) и московцевской толщей – пески, алевриты, галечники (аллювиальные и озерно-болотные отложения). При образовании этих пород под действием кислых и ультракислых озерно-болотных вод происходит осадочный метасоматоз (инфильтрационный эпигенез) каменноугольных отложений (Новиков, 2011).

Для кор выветривания по карбонатному субстрату (Никитский карьер) наблюдается следующая зональность. Нижняя зона – это выветрелые карбонатные породы с кристаллами пальгорскита, кальцита, кварца и рансеита в мелких сингенетичных полостях. Средняя зона – кудиновские глины с обломками кремневых конкреций и гальками известняков. При метасоматических изменениях кальциевый монтмориллонит замещается натриевым, выделяются аморфные гидроокислы алюминия, аллофан и опал, кальцит в гальке замещается кварцем. Кроме того, происходит замещение карбонатов сидеритом, который затем превращается в гетит-гидрогетитовый агрегат с оолитами аллофана и опала. В верхней зоне коры выветривания (московцевская толща) содержатся остатки углефицированной древесины, преобладают глины кальциево-монтмориллонитового состава и известняковые гальки, образуются натечные агрегаты первичного гетита с кристаллами гейландита в пустотах (Новиков, 2011).

В Домодедовском и Паньшинском карьерах застойные обстановки существовали недолговременно – происходило образование пирита в кровле карбонатных пород.

В Коняшинском карьере байосс-батские коры выветривания развивались на глинистом субстрате и имеют более простое строение. Нижний слой (кудиновская толща) – песчано-глинистый с раздробленными конкрециями кремней, средний – существенно терригенный, сложенный кварцевыми конгломератами с глинистым цементом и верхний – углисто-глинистый с конкрециями пирита сложного строения (московцевская толща).

Юрские отложения келловейского и оксфордского веков представлены морскими песчано-глинистыми фосфоритоносными породами (Никитский, Домодедовский, Коняшинский и Паньшинский карьеры). **Фосфориты** – это тонкозернистые минеральные агрегаты, состоящие из апатита, кальцита, глауконита, гидроксидов железа, каолина и кварца. Могут содержать пирит и остатки раковин (аммонитов, пелелипод и белемнитов). Количество фосфатов в них в среднем составляет 14-25 %, остальное приходится на минералы-примеси. По минералам-примесям различают кварцевые, железистые, глауконитовые и другие фосфориты. Фосфориты встречаются в виде конкреций размером от 1-2 до 15 см, желваков, линз и даже плит (конкрекции спаяны вместе фосфатным цементом) (Волярович, 1991).

Современное минералообразование. В результате выветривания стенок Коняшинского карьера образуются выцветы и налеты алюмокопиапита (желтый), мелантерита, гипса и эпсомита (белый) (Новиков, 2011).

Список литературы

1. Геология СССР. Т.4. Центр Европейской части СССР. Полезные ископаемые. М. Недра, 1974. 200 стр.
2. Волярович Г.П. Цветные камни Подмосковья. М., Недра, 1991. 208 стр.
3. Новиков И.А. Батские коры выветривания Московской области. М.,Реал Тайм, 2011.
4. Яшунский Ю.В. и др. Аутигенный калиевый полевой шпат из известняков верхнего карбона Московской области. Бюлл. МОИП. Отд. геол.2016. Т.91, вып.6, стр. 49-61.
5. Яшунский Ю.В., Новиков И.А. Гришин С.В. и др. Замещение карбонатного органогенного детрита калиевым полевым шпатом в московском ярусе среднего карбона Подмосковья. Бюлл. МОИП. Отд. геол.2017. Т.92, вып.2, стр.58-64.

НОВЫЙ ПОДОЛЬСКИЙ МАРШРУТ НА ПОДМОСКОВНОЙ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Погребс Н.А.

pogrebs@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Студенты различных специальностей МГРИ-РГГРУ после первого курса проходят учебную геологическую практику в Московской области. В районе г. Подольска издавна разрабатываются карбонатные породы подольского и мячковского горизонтов московского яруса среднего карбона для получения строительного и облицовочного камня (подольский мрамор) и для производства цемента.

В 30-х – 50-х годах XX века геологические экскурсии в Москве и Подмосковье проводились для школьников и студентов различных ВУЗов. Основоположником таких экскурсий считается А.П. Павлов. В его пособии 1946 г. описываются маршруты в Подольских карьерах.

В конце XX века – начале XXI века география геологических экскурсионных маршрутов изменяется, но главными объектами остаются Подольские карьеры.

В районе г. Подольска известняк добывался в карьерах около ж/д станции, Выползовском карьере на реке Пахре около цементного завода, Лемешовском карьере, карьере у с. Девятова на реке Десне. В Подольских карьерах детально описывался подольский горизонт и эти обнажения большинство исследователей считают стратотипом (А.П. Иванов, И.В. Хворова, Е.А. Иванова, М.Х. Махлина, А.С. Алексеев и другие).

В настоящее время все карьеры прекратили работу и рекультивированы. Летом 2017 года на учебной геологической практике изучение разреза подольских карбонатных пород проводилось во вскрытой стенке в обрыве левого берега реки Пахры в 300 м выше по течению от места впадения в нее реки Мочи в 2 км от с. Лемешово. Доехать до этого разреза можно от ж/д вокзала г. Подольска на троллейбусах 1 или 2, остановка Красногвардейский бульвар, дойти до Ильинской церкви и далее через реку Пахру по подвесному мосту на левый берег и по дороге вниз по течению.

При описании нового разреза были использованы материалы Ю.В. Яшунского и данные статьи П.Б. Кабанова, А.С. Алексеева, А.А. Школина и Т.В. Исаковой с описанием разреза в карьере у с. Девятово (Кабанов и др., 2000).

Изучаемый разрез карбонатных пород представлен отложениями улитинской свиты подольского горизонта московского яруса среднего карбона. Выделяются следующие слои:

слой 1 - доломиты, светло желтые, слабо ожелезненные, крупно слоистые, мелкозернистые, мощность более 1,6 м;

слой 2 – известняки белые с прослоями глин, в которых при детальных исследованиях Ю.В. Яшунским были обнаружены новообразованные кварц, калиевый полевой шпат и канопит. Мощность слоя 0,8 м.

слой 3 – доломиты белые, средне плитчатые. Мощность слоя 0,4 м.;

слой 4 – доломиты с глинистым прослоем в верхней части, мощность 0,7 м.

слой 5 – глинистый известняк, тонкослоистый, зеленовато-серого цвета, мощность 0,1 м.;

слой 6 – известняки глинистые, в которых по вертикальным трещинам наблюдается тектонический контакт с доломитами с зеркалами скольжения – силикалитами (аналоги стилолитов). Мощность слоя 0,9 м.

Возможно известняки при регрессии моря перерабатывались подземными водами с образованием ослабленных зон и карстовых трещин, затем при тектонических подвижках происходили горизонтальные перемещения блоков по нижележащим глинам и вдавливание вышележащих доломитов в прослой известняков.

слой 7 – ожелезненные желтовато-коричневые тонкоплитчатые известняки с прослоями доломитов. Известняки песчанистые, рыхлые, содержат мелкие оолиты. Мощность 0,5 м.

слой 8 – средне плитчатые доломиты с оолитами, рыхлые, песчаные, железные. Мощность 0,3 м.

слой 9 – известняки органогенные, железные по массе светло-коричневого цвета с незамещенными остатками лилий, брахиопод и других организмов. По краям обнажения отмечаются аналогичные органодетритовые известняки белого цвета без железнения.

слой 10 – доломитовый прослой мощностью 0,5 м, в котором наблюдаются аналогичные слою 6 тектонические процессы с вдавливанием вышележащих серых глин с обломками доломитов и железнением.

Аналогичный разрез изучался в карьере около с. Девятово на левом берегу реки Десны в 3 км северо-западнее г. Подольска (Кабанов и др., 2000). Основное внимание обращалось на исследование обстановок формирования «девятовского оолита». Его общая мощность составляет 1,5-2 м, он подразделяется на три пласта.

Нижний пласт мощностью 0,15-0,2 м – это оолитовый известняк пелоидно-водорослево-полибиокластовый с частыми крупными скелетными обломками (брахиоподы, ругозы, хететиды) и мелким органическими остатками (криноиды, трубчатые водоросли, фораминиферы и др.). Органические остатки окатанные и имеют микритовые оболочки толщиной до 500 мкм, количество цемента в породе небольшое.

В среднем пласте белый оолитовый известняк имеет неясную косую слоистость, содержит хорошо сортированные зерна, ядра ооидов включают мелкие фораминиферы, микритовые оболочки имеют разную толщину, цементация пород более интенсивная. В прослое отмечаются стилолитовые швы. Мощность пласта 0,9 м.

В верхнем пласте мощностью 0,4-0,9 м оолитовый известняк приобретает серую окраску, ядра ооидов часто растворены, оболочки более толстые, цементация более интенсивная. Кровля слоя неровная, брекчированная, разбитая стилолитами. Порода растворена, частично превращена в известковую муку, встречаются коричневые кремневые конкреции. К этому слою приурочены массовые находки остатков головоногих моллюсков.

Оолиты образуются в специфических условиях в высокоэнергетических морских обстановках под действие сильных волн в условиях мелкого моря с многочисленными островами. Для формирования оолитовых оболочек необходимо многократное чередование фаз взмучивания-погребения-вымывания, обусловленные сочетанием приливно-отливных течений и штормов. Это уникальные условия для каменноугольного морского бассейна с очень пологим выровненным дном и слабыми приливно-отливными воздействиями. Возможно аналогичные обстановки существовали и при формировании известняков мячковского горизонта московского яруса среднего карбона и касимовского яруса верхнего карбона (крупнозернистые биокластические известняки – «горохи»).

Кроме того, в верхнем слое «девятовского оолита» прослеживаются линзы, обогащенные остатками головоногих моллюсков (наутилиты). Эти раковины переносились волнами и течениями и накапливались на пляжах многочисленных островов (некротланктонный ориктоценоз). Таким образом обстановка образования «девятовского оолита» изменялась от подприливно-межприливной зоны в нижней части слоя до пляжной зоны в верхней (Кабанов и др., 2000).

Новый разрез подольских карбонатных пород требует детального описания и изучения, поскольку он аналогичен уже утраченному девятовскому разрезу. Кроме того, возле с. Лемешово сохранились стенки старого карьера и образовалась промоина на правом берегу реки Пахры, где обнажаются карбонатные породы вышележащей щуровской свиты подольского яруса среднего карбона.

Список литературы.

1. П.Б. Кабанов, А.С. Алексеев, А.А. Школин и Т.В. Исакова «Обстановка формирования и ориктоценозы «девятовского оолита», подольский горизонт московского яруса Московской области. Бюлл. МОИП. Отд. геол.2000. Т.75, вып.1, стр.46-58.
2. Махлина М.Х., Алексеев А.С., Горева Н.В. и др. Средний карбон Московской синеклизы (южная часть). Том 1. Стратиграфия. М., 2001. 244 стр.

ПОЗДНЕЮРСКИЙ ФАЦИИ АНОЙСКОГО ПАЛЕОВУЛКАНА

Порфирьева А.А.* , Котельников А.Е.* , Дьяконов В.В.**

anastasionka@mail.ru, * РУДН, Москва, РФ; ** МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Исследуемая территория находится в Анюйской зоне Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Уделим внимание площади листов Q-58-XI, XII масштаба 1:200 000. Согласно Геологической карте СССР масштаба 1:200 000 [1] показал в пределах этой площади присутствует два крупных тектонических элемента - Анюйская складчатая зона и Яблонский осточный массив. Стратиграфические разрезы отложений, слагающих эти структуры, резко различаются между собой. В районе присутствуют породы от девонской до палеогеновой системы и четвертичные отложения.

Рассмотрим породы верхнеюрского возраста, которые распространены на большой площади листа. В разных частях территории отмечаются различия в строении разреза. Выделяется три фациальные зоны верхнеюрских пород: северная, охватывающей правобережную часть бассейна Уткувеема, левобережье Нутесына, верховья Кульпольнея и бассейн Телькылькувеема; центральная, совпадающая в границах с Южным Анюйским хребтом; южная, охватывающей бассейны Айнахургена, Валунной, Заполярной, Геодезической и правые верхние притоки Коральвеема.

Разрез верхнеюрских отложений северной фациальной зоны наиболее полно представлен коренными обнажениям в верхнем течении Тэлькылькувеема. В строении разреза принимают следующие породы (сверху вниз):

- Конгломераты от мелкогалечных до валунных с линзами и прослоями гравелитов и грубозернистых песчаников, содержащих линзы косослоистых алевролитов. В нижней части песчано-глинистый цемент содержит пиритовые конкреционные стяжения до 3-5 см в диаметре. Мощность до 450 м.
- Пачка переслаивающихся грубо- и крупнозернистых зеленовато-серых песчаников и мелкогалечных конгломератов. В основании пачки пласт спилитов мощность в 1,5 м, в ее верхней части появляются алевролиты с примесью пирокластического материала и литокристаллокластические туфы основного состава. Мощность 300 м.
- Пестроцветные туфы и туфобрекчии кислого состава с линзами туфогенных песчаников. Мощность 150 м.
- Светло-серые туфогенные песчаники с подчиненными прослоями светло-зеленых литокластических туфов дацитов. Мощность 200 м.
- Дацинты, липарито-дациты, липариты с редкими прослоями андезитов, туфы, туфолавы и туфобрекчии того же состава. Мощность 300-350 м.

В центральной фациальной зоне выходы верхнеюрских пород образуют три полосы северо-западного простирания, шириной от 1,5 км до 15 км. Верхнеюрские отложения здесь выполнены породами кремнисто-спилитовой формации. На подстилающих образованиях они залегают несогласно через горизонт туфоконтломератов и туфобрекчий спилитового состава. Это установлено по правобережью Коральвеема и на междуречье Сухого Русла - Прав. Коральвеема. Базальные слои содержат угловатые обломки подстилающих осадочных пород, заключенных в псаммитовую хлоритизированную массу основного состава, Величина обломков и степень окатанности их чрезвычайно изменчивы как по простиранию, так и по разрезу. Общая мощность разреза порядка 1500 метров.

Разрез северной зоны представлен двумя толщами: нижней - груботерригенной, морской и верхней - существенно вулканогенной, континентальной. Верхнеюрские отложения южной фациальной зоны (Яблонский массив) залегают с размывом на среднеюрских породах, но без видимого углового несогласия. Следует отметить, что состав песчаников варьирует в широких пределах от туфогенных и полимиктовых до кварцево-полевошпатовых. Сортировка и окатанность обломков различная. Цемент представлен хлоритизированной глинистой массой, иногда с примесью пирокластического материала. Состав алевролитов близок к составу вышеописанных песчаников. Общая мощность разреза до 700 метров.

Основные фациальные различия верхнеюрских пород заключаются в том, что в разрезах южной фациальной зоны преобладают вулканогенно-осадочные породы; в центральной – вулканогенные кремнисто-спилитовые породы; в северной – преимущественно вулканогенные континентальные породы.

Следует отметить, что для территорий с покровом магматических пород, основной структурной единицей являются вулканы или точнее палеовулканические сооружения. Палеовулканическое сооружение сложено пирокластическими, лавовыми и вулканогенно-осадочными, осадочными и интрузивными породами. Сочетания пород образуют фации. Каждая из фаций занимает свое пространственное положение и накапливается на всем временном интервале развития сооружения. Выделяются группы фации: жерловая; склоновая; удаленная; субвулканическая; интрузивная. Формирование сооружения происходит в несколько этапов: 1-й этап - накопление пород основного состава с образованием щитового вулкана, 2-й этап - образование стратовулкана кислого состава, 3-й этап связан с появлением крупных интрузивных и субвулканических тел [2,3].

В классическом понимании (М.А. Усов (1925), В.Н. Лодочников (1934), Ю.А. Кузнецов (1960)) под термином вулканогенные фации понимается: «совокупность характерных вулканогенных пород, отличительные особенности которых обусловлены рядом факторов, из которых важнейшими являются: тип вулканизма, характер физико-географической среды, глубина остывания расплава, положение относительно центров извержения и др. По физико-географическим условиям становления горных пород выделяются фации: подводная, наземная, подледниковая и др.; в зависимости от глубины застывания магматического расплава — поверхностная, вулканогенная, жерловая и субвулканическая; по отношению к центру извержения - прижерловая (околократерная), отдаленно-вулканокластическая и др.». На сегодняшний день нет четко разработанной систематики структур и фаций палеовулканов [2].

Анализ разрезов верхнеюрских пород с точки зрения их принадлежности к различным вулканогенным фациям [2,3] позволил выделить площади распространения лав основного и кислого состава и их туфов. Лавы основного состава и их туфы пространственно располагаются в центральной части изучаемой территории; туфы кислого состава и небольшие выходы лав кислого состава расположены в северной части карты. Хорошо известно, что лавы кислого состава вязкие, поэтому при взрывах, сопровождающих извержения, они дают много рыхлых продуктов, а потоки их обычно не бывают длинными. Лавы основного состава гораздо более подвижны, при извержениях расплавленные потоки иногда напоминают реки, а застывшие каскады их - замерзшие водопады.

Анализ состава распространения вулканогенных фаций показал, что в пределах изучаемой территории верхнеюрские породы относятся к склоновой и удаленной к группам фации Анюйского палеовулканического сооружения. Вулканический центр сооружения предположительно находится северо-восточнее исследуемого листа.

Воссоздание палеовулканических сооружений имеет свой методический алгоритм, но в большей степени является процессом творческим и требует значительных практических навыков в области среднемасштабного картирования. Результаты палеовулканических реконструкций вносят значительный вклад в понимание вопросов стратиграфии, магматизма и тектоники регионов [2].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радзивилл А.Я., редактор-Тильман С.М. Объяснительная записка к геологической карте СССР масштаба 1:200 000. Серия Анюйско-Чаунская. Лист Q-58-XI, XII. Магадан: ВСЕГЕИ, 1976.
- [2] Дьяконов В.В., Котельников А.Е., Усова В.М. Эндеогенные оруденения палеовулканических сооружений. Разведка и охрана недр. 2016. № 6. С. 25-27.
- [3] Котельников А.Е., Федосова К.И. Палеовулканическая реконструкция Медногорского рудного района. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2016. № 1. С. 94-100.

МОРФОСТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И СОКРАЩЕНИЕ ШИРИНЫ ВНУТРИГОРНЫХ ВПАДИН ТЯНЬ-ШАНЯ

Пржиялговский Е.С.
prz4@yandex.ru

Геологический институт РАН, Москва, Россия.

Возникновение внутригорных впадин, а также интенсивные складчатые деформации накопившегося во впадинах осадочного чехла - все это является отражением позднеальпийской активизации палеозойского складчатого сооружения Тянь-Шаня. В течение непродолжительного времени (непосредственно до и после отложения молассового комплекса в конце плиоцена и начале плейстоцена) в мезозойско-кайнозойском чехле впадин сформировались сложные складки и разломы, составляющие единый структурный парагенез с активизированными разломами и деформациями в палеозойском фундаменте, возник современный расчлененный рельеф с субширотной ориентировкой хребтов и долин.

Новейшие субширотные тектонические зоны Тянь-Шаня, которые, как и современный рельеф, обычно рассматриваются в свете коллизии Евразийской и Индийской литосферных плит, часто используются при оценке сокращения ширины Тянь-Шаньской складчатой области и скоростей сближения плит. При выборе методик для решения этой актуальной задачи должны учитываться особенности деформации пород комплексов мезозойско-кайнозойского чехла и палеозойского фундамента. По целому ряду причин широко применяемые в практике тектонических реконструкций методики формального расчета вектора смещения коровых блоков как суммы перемещений по локальным надвигам (при постулируемом хрупком разрушении фундамента) могут приводить к существенной ошибке определения величин относительных смещений коровых реперов.

Особенности деформаций в чехле и фундаменте можно проиллюстрировать на примере Южно-Чуйской и Южно-Кочкорской зон концентрированной деформации (ЗКД), протягивающихся вдоль южных бортов Чуйской и Кочкорской впадин и имеющих сходное. В пределах этих зон в последние годы проводились детальные структурно-геологические, морфоструктурные и геофизические исследования [1-3].

Примерно вдоль контакта фундамента/чехол поверхность фундамента круто погружается, образуя флексуру или запрокинутую складку с амплитудой вертикального смещения 2 - 3 км, которая в Кочкорской впадине фиксируется на новых профилях МТЗ [3]. Пластичная структура кровли фундамента нарушается в этой зоне системами взбросов и надвигов, амплитуда смещений по которым не превышает 400-700 м. Ступени погружающегося фундамента, преимущественно сложенного раннепалеозойскими гранитами, имеют складчато-бугристую поверхность, иногда с протрузивными внедрениями отдельных объемов палеозойских пород в вышележащий осадочный чехол [1, 3]. Столь высокая пластичность структур поверхности фундамента, отмечаемая в пределах ЗКД, объясняется особенностями деформации дезинтегрированных гранитоидов (преобладающих в палеозойском фундаменте), в которых устанавливаются признаки (структуры) тектонического течения. На макроуровне это - катакластическое течение, описываемое законами механики гранулированных сред. В шлифах гранитов отмечаются структуры брекчирования и динамической рекристаллизации, зоны проявления которых иерархически соподчинены системам трещиноватости и разломам позднеорогенной фазы, то есть сингенетичны им. Подобные черты деформаций гранитоидов отмечены во многих ЗКД [1].

Стиль деформаций в пределах распространения осадочных пород чехла совершенно иной. Помимо крутой приконтактовой флексуры внутри впадин, на удалении нескольких километров от борта, располагается выраженная в рельефе полоса деформаций, ограниченных по фронту протяженными надвигами (Иссык-Атинским – в Чуйской впадине, Акчопским – в Кочкорской). Надвиги и связанные с ними складки маркируют фронтальные зоны обширных detachментов – послонных срывов внутри осадочного чехла, обусловленных давлением со стороны крутых бортов впадин и их атиклинорного обрамления. В бескорневых складчато-

надвиговых структурах, развитых в стратифицированном чехле на поздних стадиях деформации, преобладают индикаторы обстановок сжатия или транспрессии.

Реконструкции первоначального облика подобных структур дает основание для расчетов амплитуд относительного горизонтального сближения коровых блоков, террейнов или плит, которые обычно суммируются по главным ЗКД Тянь-Шаня. В южных бортах Чуйской и Кочкорской впадин проводились измерения смещений уровней и датирование аллювиальных террас вдоль речных долин и анализ рамповых структур [4 - 6]. В подобных методических подходах заложена упрощенная модель хрупкой деформации верхнекоровых комплексов, что в случае Тянь-Шаня связывается с давлением литосферных плит с севера и юга.

Наличие постумных структур пластичных деформаций в породах палеозойского фундамента дает основание оспаривать правомерность такого подхода. Можно предполагать, что тектоническое течение, реализуемое даже внутри отдельных объемов комплекса фундамента, приводит к перераспределению масс пород в пределах тектонических подвижных зон, с тенденцией компенсации разнонаправленных вертикальных движений на границах погружающихся впадин и растущих антиклинориев. Следствием является коробление ложа впадин, фрагментация бассейнов, постепенное увеличение крутизны бортов впадин и, на определенном этапе, - формирование надвиговых структур в чехле.

В качестве основных критериев реконструкций нами принималось постоянство объема комплексов пород и различия деформационных свойств пород фундамента и осадочного чехла, вытекающие из анализа структур. Учитывался конседиментационный изгиб поверхности фундамента, предшествующий транспрессионной фазе, и фациально-мощностная неоднородность пачек чехла.

С учетом названных критериев и ограничений предполагаемая величина поперечного укорочения южной бортовой зоны Чуйской впадины для всего кайнозойского этапа составляет 4 - 6 км, что в два раза меньше величины, определенной для этого сегмента борта на основании формально-геометрического анализа и интерпретации всех разломов как хрупких [4]. Амплитуды горизонтальных смещений, подсчитанные по нескольким пересечениям борта Кочкорской впадины, не превышают 1,2 км, что также существенно меньше предполагаемого здесь ранее надвижения палеозойского фундамента на чехольные комплексы [5].

Исследования проводились по теме госзадания № 0135-2016-0012 при финансовой поддержке Проекта РФФИ № 16-05-00357, Программ ОНЗ РАН № 6 и 10.

Литература

1. *Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Рыбин А.К.* Постмагматическая тектоника гранитов фундамента и ее роль в формировании современной морфоструктуры Северного Тянь-Шаня // Литосфера. 2016. № 6. С. 5-29.
2. *Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В.* Складчатые деформации кровли палеозойского фундамента Чункурчакского прогиба, Киргизский хребет // Геотектоника. 2017. № 3 С. 31-50.
3. *Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К.* Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018, № 4 (в печати).
4. *Bullen, M. E., Burbank D. W., Garver J. I.* Building the northern Tien Shan: Integrated thermal, structural, and topographic constraints // J. Geol. 2003. Vol. 111. P. 149–165.
5. *Park S. K., Thompson S. C., Rybin A., Batalev V., Bielinski R.* Structural constraints in neotectonic studies of thrust faults from the magnetotelluric method, Kochkor Basin, Kyrgyz Republic // Tectonics. 2003. V. 22 (2), pp. 1-13.
6. *Thompson S.C., Weldon R.J., Rubin C.M. Abdрахmatov K., Molnar P., Berger G.W.* Late Quaternary slip rates across the central Tien Shan, Kyrgyzstan, Central Asia // Journal of Geoph. Res., 2002. V. 107 (7), pp. 1–32.

ПРОТЕРОЗОЙСКИЕ УЛЬТРАМАФИТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЧЕЛЮСКИНСКОЙ ЗОНЫ (ТАЙМЫР) И ИХ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Сироткина О.Н.^{1,2}, Гусев Г.С.²

onsirotna@gmail.com, 1 – Московский государственный университет им.
М.В.Ломоносова (МГУ), Москва, Россия; 2 - Институт минералогии, геохимии и
кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), Москва, Россия

Челюскинская зона располагается в северо-восточном секторе Центрально-Таймырской мегазоны [6], и рассматривается в литературе, либо как неопротерозойский Таймырский аккреционный пояс [1, 2], либо как Центрально-Таймырский (неопротерозойский) аккреционный пояс с офиолитами [5]. Зона ограничена надвиговыми разломами: на северо-западе Главным Таймырским, юго-востоке - Пясино-Фаддеевским.

Тела серпентинизированных ультрамафитов дунит-гарцбургитовой формации, выделенные в Челюскинской зоне, вытянуты в северо-восточном направлении, образуя цепочки массивов кунарского и становского комплексов.

Время формирования кунарского комплекса, а также, вероятнее всего, и становского комплекса, одновременно с образованиями ранневендской чукчинско-борзовская ассоциации коллизионного вулкано-плутонического ареала основано на:

1) локализации массивов в образованиях колосовской свиты и модинской толщи; 2) повышенных содержаниях в песчаниках и гравелитах ранневендской продольнинской толще фуксита (источник хрома вероятнее всего ультраосновные породы кунарского комплекса) [3]; 3) пересечение тел ультрамафитов дайками габбро-долеритового ранневендского папанинского комплекса [3]. Результаты Re-Os датирования протрузивных пород кунарского комплекса «не древнее чем время заключительной стадии плавления ультрамафитового протолита, зафиксированного в изотопном составе МППГ – 640–695 млн лет» [4, с. 156].

С целью идентификации геодинамических обстановок формирования гипербазитовых комплексов, кроме геологических данных, были использованы валовые химические анализы пород. Геохимические составы ранневендских серпентинизированных ультрамафитов становского и кунарского комплексов по сравнению с эталонными серпентинизированными ультрамафитами осевого рифта Средино-Атлантического хребта [9], характеризуются необычайно более высокими (1–3 порядка) содержаниями важнейших индикаторных элементов – Th, Nb, Ta, Zr, Tb, Y, Yb, Lu. В тоже время содержания этих элементов близки к содержаниям в надсубдукционных серпентинизированных гарцбургитах серпентинитового подводного конуса Чаморро фронтального сегмента Марианской островной дуги [11], при этом одна проба [1] в серпентинитах Кунарского массива- имеет содержания Nb, Tb, Y, Yb, Lu такие же, как и в примитивной мантии [12].

Таким образом, серпентинизированные ультрамафиты становского и кунарского комплексов по содержаниям малых элементов не могут, относится к океаническим офиолитам. Для объяснения условий образований этих не стандартных серпентинизированных ультрамафитов нами предлагается «субдукционно-плюмово-коллизионная» модель. Она разработана на основе, опубликованной в 1985 г. австралийским геохимиком Рингвудом [10] модели формирования на границе верхней и нижней мантии (650 км) «плюма рингвудовского типа» [7].

Основное содержание модели: в скученном субдукционном слэбе (первоначально холодном компактном мегалите) спустя 1-2 млн. лет после погружения на глубине 650 км. зарождается плюм вследствие роста температуры и проявления гравитационной дифференциации, тела дипиров с включениями ультрамафитов, фактически в начале коллизионного поздневендский этапа тектогенеза, поднимаются вверх с проявлением в диапирх контаминации вещества из окружающих пород примитивной верхней мантии. Именно процессом контаминации вещества примитивной мантии можно объяснить сходство

составов серпентинизированных ультрамафитов становского и кунарского комплексов с составом примитивной мантии.

Ранневендская чукчинско-борзовская ассоциация коллизионного вулканоплутонического ареала была сформирована на аккрецированной территории Челюскинской зоны после того, как Северный Таймыр был причленен к Сибирскому палеоконтиненту в возрастном интервале позднебайкальского этапа тектогенеза, согласно плитотектонической реконструкции 650 млн лет [8].

Авторы надеются, что представленная геодинамическая обстановка формирования протерозойских ультрамафитовых комплексов Челюскинской зоны соответствует современным требованиям к выполнению тектонического (геодинамического) анализа.

Литература

1. Верниковский В.А. Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГИМ, 1996. 203 с.
2. Верниковский В.А., Метелкин Д.В., Верниковская А.Е., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Котов А.Б. Древнейший островодужный комплекс Таймыра: к вопросу формирования Центрально-Таймырского аккреционного пояса и палеогеодинамических реконструкций в Арктике // ДАН, 2011. Т. 346. №5. С. 647–653.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская и Таймыро-Североземельская. Лист Т-45-48 – м. Челюскин / Гл. науч. ред. Г.В. Шнейдер, А.Е. Рыбалко. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. Объяснительная записка. 563 с. Карта на 4 листах.
4. . Малич К.Н., Гончаров М.М., Костянов А.И. Вещественный состав и осмиевая изотопия платиноидной минерализации кунарского комплекса (Челюскинский пояс, Северо-Восточный Таймыр) // Недра Таймыра, вып. 5. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. С. 144–159.
5. Проскурин В.Ф., Верниковский В.А., Метелкин Д.В. и др. Риолит-гранитная ассоциация Центрально-Таймырской зоны: свидетельство аккреционно-коллизионных событий в не-опротерозойское время // Геология и геофизика, 2014. Т. 55. № 1. С. 23–40.
6. Схема тектонического районирования России. Масштаб 1:5000 000 / Гл. ред. А.Ф. Морозов. Составители: Г.С. Гусев (отв. исп.), Н.В. Межеловский, А.Ф. Морозов, В.А. Клипко М., 2001. Объяснительная записка. 99 с. Схема на 6 листах (МПП РФ, ИМГРЭ, ГЕОКАРТ)
7. Хаин В.Е, Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики: Учебник – 2-е изд., испр. и доп. М.: КДУ, 2005. 560 с.
8. Metelkin D.V., Vernikovskiy V.A., Matushkin N.Yu. Arctida between Rodinia and Pangea // Precambrian Research, 2015. Vol 259. P. 114–129.
9. Paulick H., Bach W., Godard M., De Hoog J.C.M., Suhr G., Harvey J. Geochemistry peridotites (Mid-Atlantic Ridge, 15o20'N, ODP Leg. 209): Implications fluid/rock interaction in slow spreading environments // Chemical Geology, 2006. 234. P. 179–210.
10. Ringwood A.E. Mantle dynamics and basalt petrogenesis. In: K.Kobayashi and I.S. Sacks (Editors). Structures and Processes in Subduction Zones // Tectonophysics, 1985. Vol. 112. P. 17–34
11. Savov I.P., Gugino S., Ryan J.G., Fryer P., Mottl M. Geochemistry of Serpentinite Muds and Metamorphic Rocks from Mariana Forearc, ODP Sites 1200 and 778–779, South Chamorro and Conical Seamounts / Shinjohara M., Salisbury M.H. and Richter C. (eds) // Proceedings of Ocean Drilling Program, SWcientific Results, 2005. Vol. 195. P. 1–49
12. Sun S.S., McDonough W.E. Chemical and isotopic systematic oceanic basalts: implication for mantle composition and processes // Magmatism in ocean basins / eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geol. Soc. London, 1989. Spec. Publ. P. 313–345.

СОПОСТАВЛЕНИЕ СЕВАНСКОЙ И ШИРАКСКОЙ ВПАДИН (АРМЕНИЯ)

Соколов С.А.^{1,2}, Шалаева Е.А.¹
sokolov-gin@yandex.ru

¹Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН), г. Москва, Россия

²Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго
Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), г. Москва, Россия

В рельефе Армении развиты многочисленные межгорные впадины: Ширакская, Лорийская, Верхнеахурянская, серия депрессий, развитых по долине реки Памбак, данные структуры приурочены преимущественно к северо-западу республики. Однако наиболее крупной впадиной является Севанская, расположенная в центральной части Армении.

Названные впадины, по-видимому, имеют разную природу и различную историю геологического развития. Целью нашего исследования было сопоставление данных впадин, уточнение их стратиграфии и тектонического строения. В названных областях были детально изучены многочисленные обнажения, отобраны литологические образцы, палинологические пробы, осуществлены фаунистические сборы (пресноводные моллюски, зубы мелких и единичные находки костей крупных млекопитающих). Из наиболее представительных разрезов были отобраны палеомагнитные пробы, а различные вулканические образования, лавы и пирокласты, были датированы К-Аг методом.

Часть впадин Армении имеет тектоническое, приразломное происхождение. Так, образование Севанской депрессии связано с активностью крупных разрывных нарушений, происхождение которых объясняется коллизионными процессами, протекающими на Малом Кавказе. Этими же процессами объясняется формирование основных форм рельефа данного региона – протяженных горных хребтов северо-западного простирания, а также тектонических структур: линейных складок аналогичного простирания и разрывных нарушений преимущественно двух направлений – северо-западного, параллельного пликативным деформациям, и субмеридионального.

Севанская впадина, зародившаяся еще в миоцене в виде морского залива, ограничена с северо-востока Памбак-Севан-Сюникским разломом и развивается по настоящее время. Современный вид она приобрела в связи с образованием Норатусского разлома, сбросовой кинематики. Данный разлом протягивается вдоль западного берега Большого Севана и формирует в рельефе прекрасно выраженный уступ, в котором обнаруживаются основные стратотипические разрезы отложений этого озера.

Обнажение Норатус-1 располагается к югу от одноименного села. Низы разреза сложены плохо сортированным отложениями серого цвета, представленными крупным гравием и галькой, заключенной в мелкозернистый песок, наблюдаются немногочисленные линзы и прослои светлых среднезернистых песков. Слоистость в толще проявлена слабо, редко встречается следы косослоистости. Мощность слоя составляет 25 метров. Выше залегают светло-бежевые тонкообломочные (мелкозернистый песок и алевроит) породы, переслаивающиеся с мелким гравием и прослоями перетолженного вулканического пепла и пемзы. Мощность прослоев от первых сантиметров до десятков сантиметров. Общая мощность пачки достигает 42 метров. Венчает разрез толща мелкого гравия коричневатого цвета с тремя прослоями черного туфа. Мощность слоя достигает 3 метров, прослои туфов составляют 10 – 15 сантиметров. Нижняя пачка предположительно накапливалась в прибрежной части озера, куда выносился материал, влекомый реками и временными водными потоками, стекавшими с Гегамского нагорья, тонкообломочная часть разреза, по-видимому, отлагалась в более глубоководной и спокойной озерной обстановке. Описанные породы залегают субгоризонтально, а в южной части крайне полого погружаются на юг. Данный разрез не содержит фаунистических находок, однако, возраст упомянутых туфов составляет 2.3 ± 0.15 Ma. Нижние 5 метров разреза имеют обратную намагниченность, остальной разрез намагничен прямо, что можно интерпретировать следующим образом: породы накапливались в эпоху Гаус (плиоцен), а нижняя часть, наоборот, намагничена,

относится к эпизоду Каена (3.12 – 3.05 Ма). Обнажение Норатус-2 располагается южнее вышеописанного. Нижний пласт сложен неслоистыми серыми песками, в нем обнаруживаются сейсмодислокационные структуры – слой смят в интенсивные складки, подорванные мелкими разрывными нарушениями. В кровле слоя наблюдаются следы размыта. Выше обнажаются песчаники с несколькими прослоями розоватого слабцементированного алеволита. В центральной части обнажения был обнаружен рог плиоценового оленя, предположительно *Cervus cf. elaphus*, а отложения имеют прямую намагниченность, что в целом указывает на плиоценовый возраст пород.

Отложения разреза Наратус-1 очень полого погружаются на юг, а Наратус-2 напротив, на север, что указывает на то, что понижение в рельефе, расположенное между ними, имеет эрозионно-тектоническую природу. Кроме того, столь сближенное расположение этих разрезов на одной гипсометрической отметке, при столь незначительных углах наклона позволяет предположить наличие разлома, также приуроченного к указанной седловине в рельефе.

На северо-западе Армении выделяется Ширакская впадина, которая не вписывается в каркас разрывных нарушений, связанных с коллизией, и, скорее всего, имеет вулканотектоническую природу. По периметру впадина ограничена плиоцен-четвертичными вулканическими образованиями Карс-Дигорского плато, Джавахетского нагорья, вулканов Мец-Шараилер, Арагац и Артени.

Основанием Ширакской впадины выступают деформированные вулканогенно-обломочные толщи эоцена. Выше залегает вулканогенно-осадочная толща, датируемая верхами миоцена. Ее перекрывают озерные отложения позднего плиоцена. На рубеже 2,3 – 2,0 Ма северная часть впадины была заполнена трахитовыми андезибазальтами, источником которых выступали вулканические центры Джавахетского нагорья. Данные вулканические образования подстилают осадочные породы Ширакской впадины, представленные тремя свитами: карахачской, анийской и арапийской, вложенными друг в друга. Карахачская свита распространена на севере впадины и сложена преимущественно пролювиально-аллювиальными отложениями. Предположительно свита накапливалась во время палеомагнитного эпизода Олдувай и, частично, в калабрии (1.9 – 1.75 Ма). Отложения анийской свиты представлены озерными накоплениями. Совокупность фаунистических, палеомагнитных и палинологических данных позволяет определить возраст свиты как □ 1,2 – 0,6 Ма. Арапийская свита также имеет озерное происхождение. Фактический материал указывает на следующий интервал накопления свиты: 0,75 – 0,6 Ма. Разрез венчает пачка игнимбритового туфа с возрастом примерно 0.7 Ма. Озерно-аллювиальные отложения полого погружаются на юг, где естественным ограничением впадины является вулкан Арагац. С севера и востока впадина ограничена флексурно-разрывными зонами, связанные с ростом Ширакского хребта и Транскавказского Поперечного поднятия соответственно.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ, проект № 14-05-00122
ЛИТЕРАТУРА

1. Короновский Н.В., Демина Л.И. Коллизионный вулканизм Кавказского сектора Альпийского складчатого пояса // Вестн. киевского национального университета им. Т. Шевченко. Геология. 2014. Т. 3(66). С. 10-15.
2. Лебедев В.А., Бубнов С.Н., Дудаури О.З., и др. Геохронология плиоценового вулканизма Джавахетского нагорья (Малый Кавказ). Статья 2. Восточная часть Джавахетского нагорья. Региональная геологическая корреляция // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16, № 5. С. 101–123.
3. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 483 с.
4. Саядян Ю.В. Новейшая геологическая история Армении. Ереван: Гитутюн, 2009. 357с.
5. Трифонов В.Г., Шалаева Е.А., Саакян Л.Х. и др. Четвертичная тектоника новейших впадин Северо-Западной Армении // Геотектоника. 2017. №5. С. 42-64

БАКТЕРИИ КАРБОНАТНЫХ КОНКРЕЦИЙ ВЕНДСКОГО ВОЗРАСТА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Сударикова Е.А. (Научный руководитель Игнатов П.А.)
sudaricova.e.a@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

В керне поисковых скважин на алмазы, проведенных в Зимнебережном районе Архангельской области Поморской ГРЭ ОАО "Севералмаз", в венд-кембрийских красноцветных тонкообломочных отложениях встречаются карбонатные конкреции. Они обладают элементами симметрии. Ранее в них были обнаружены предположительно микробальные образования [1]. Изучена часть образцов из коллекции таких конкреций, собранной группой проф. МГРИ-РГГРУ П.А.Игнатов. По форме карбонатные песчаные конкреции разделены на три группы: шаровидные, грушевидные и эллипсоидные.

В результате ранее проведенных исследований известно, что образцы встречаются в песчаных, вероятно, авандельтовых отложениях вблизи глинистых слоев [2]. Можно предположить, что сообщества древних бактерий могли концентрироваться в подвижной водной среде, куда приносились питательные вещества.

Все образцы имеют четко выраженную плоскую подложку, которой предположительно они крепились ко дну.

В Палеонтологическом институте РАН под руководством с.н.с Е.А.Жегалло проведены исследования по выявлению минерализованных бактерий и биопленок в препаратах, изготовленных из конкреций всех трех видов. Использован сканирующий электронный микроскоп TESCAN VEGA IXMU (Tescan) с микроанализатором INCA ENERGY (Oxford Instruments Analytical).

Выявлены следующие объекты:

- минерализованные кокоидные формы бактерий (рис 1.)
- минерализованные нитчатые формы бактерий (рис 2.)
- остатки биопленок (рис 3.)
- различные кристаллические формы (рис 4.)

Обнаруженные формы бактерий и биопленок практически идентичны описанным в монографиях, посвященных проблемам микропалеонтологии [3 и др.]

Рис. 1. Кокоидные формы

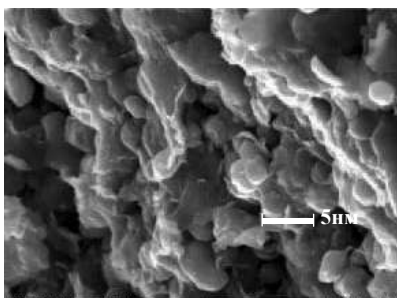
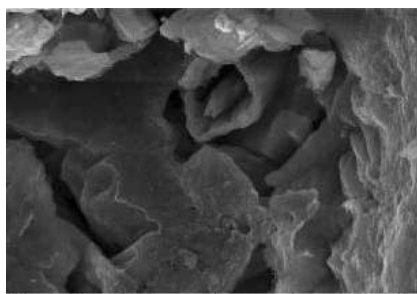


Рис 2. Нитчатые формы



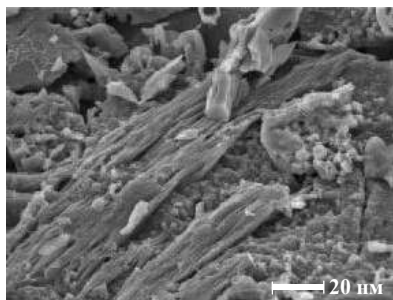


Рис 3. Формы биопленок

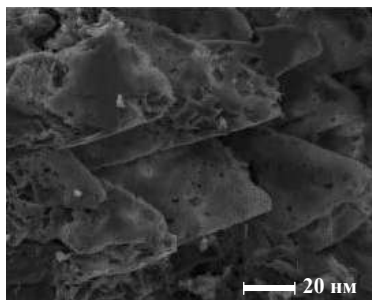


Рис 4. Агрегаты кальцита

Кокоидные и нитчатые формы минерализованных бактерий встречаются в виде агрегатов - микроколоний. Интересны полости в отдельных нитчатых формах (рис. 2), которые возможно отражают стадии роста отдельных бактерий.

Биопленка - микробное образование, характеризующееся клетками, которые прикреплены к поверхности или друг к другу, заключены в матрикс синтезированных ими внеклеточных полимерных или минеральных веществ [3]. Возникновение биопленок связано с колонизацией микроорганизмами границ раздела фаз: жидкости и воздуха, жидкости и твёрдого тела, твердой поверхности и воздуха, двух несмешивающихся жидкостей. Биопленки являются результатом взаимодействия бактерий и продуктов их жизнедеятельности с субстратом и состоят из совокупности микробных клеток, воды и гликокаликса, который удерживает клетки вместе. Биопленки могут включать мелкие терригенные частицы и продукты эрозии субстрата. Гликокаликс в биопленках представляет собой слизистую бесструктурную массу, иногда с пространствами, заполненными водой. Нередко биопленки появляются и на временно прокрываемых водой твердых субстратах, после высыхания они могут превращаться в тонкую плотную пленку.

В природе биопленки распространены повсеместно. Они встречаются на дне морей, рек, озер, на суше, развиваются на поверхности отдельных песчинок, галек, на обломках раковин, на скелетных остатках животных, обволакивают взвешенные в воде обломочные частицы. Минерализованные биопленки нередко сохраняются в первичном состоянии. Среди древних пород можно наблюдать и фоссилизированные участки гликокаликса.

Установлено, что количество бактериальных форм увеличивалось ближе к центру конкреций, что может отражать сгустки микробиальных сообществ.

Зависимости между формой конкреции и распределением в них различных бактерий не обнаружено.

Литература

1. Игнатов П.А., Жегалло Е.А., Айдыбаева Я.Э. Вероятность микробиального происхождения конкреций в венд-кембрийской толще Зимнебережного района Архангельской области. В сб. Материалы Международного молодежного научного форума «ЮМОНОСОВ-2015» [Электронный ресурс] — М.: МАКС Пресс, 2015.
2. Игнатов П.А., Болонин А.В., Калмыков Б.А., Андросов Е.А., Гунин А.П. Палеотектонические структуры Зимнебережного алмазозонного района Архангельской области. Бюлл. МОИП. Отд. геол. № 3. 2008.
3. Астафьева М.М., Герасименко Л.М., Гептнер А.Р. и др. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах. Научное издание. М.: ПИН РАН, 2011. 172 с.,.

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ И МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ БАЛТИЙСКО-МЕЗЕНСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Терехов Е.Н. Балуев А.С.

tereh @ilran.ru

Геологический институт РАН, Москва, Россия

Система тектонических разломов, дугой опоясывающих южный край Балтийского щита, которая соответствует участку погружения кристаллических пород фундамента под чехол Русской плиты, первоначально была выделена как флексура Полканова. Совместный анализ КС с геолого-геофизическими материалами показал, что эта структура шириной 100-150 км, как система разломов прослеживается на запад и восток далеко за пределы собственно участка погружения фундамента под чехол, и её уместно называть Балтийско-Мезенской тектонической зоной (БМТЗ). На западном фланге система дугообразных разломов отчетливо дешифрируется в р-не г. Стокгольма и продолжается далее на СЗ к северному замыканию грабена Осло, а в её пределах расположена взрывная структура Сальян и дайки ССЗ простираются с возрастом 0,9-0,97 млрд лет [7]. На восточном фланге БМТЗ прослеживается на СВ в район устья реки Пинега и далее вдоль реки Кулой до Мезенского залива. В пределах этой тектонической зоны на дневной поверхности обнажаются различные по возрасту образования: от архейских в р-не Ладожского и Онежского озер, палеопротерозойских в р-нах Ветреного пояса, Южной Финляндии и Центральной Швеции и палеозойских от Онежского озера до Мезенского залива Белого моря. Наиболее древними образованиями, ориентированными вдоль простираются БМТЗ, являются Бураковская интрузия и Шальская дайка (2,45 млрд лет). Южно-Финский и Центрально-Шведский сланцевые пояса свекофеннид также ориентированы вдоль этого тренда. Это говорит о древнем возрасте заложения БМТЗ. Но наибольшая активность этой структуры проявилась в неопротерозое при формировании массивов постскладчатых интрузий (1,8-1,7 млрд лет) в полосе Южная Финляндия – Северное Приладожье, гранитов рапакиви (1,65-1,55 млрд лет), а также Валаамского, Роупрученского силлов. При этом как массивы гранитов-рапакиви, так и основные интрузии приурочены к пологим тектоническим разломам, которые характерны для БМТЗ.

Важное значение для расшифровки развития БМТЗ имеет открытие вторичных кварцитов на о. Б.Тютерс в Финском заливе [6]. Генезис вторичных кварцитов, по мнению многих исследователей, связан с флюидной деятельностью кислых вулканов. Учитывая, что вторичные кварциты прорваны гранитами с возрастом 1,6 млрд лет, можно предполагать, что кислый вулканизм, благодаря которому они и были сформированы, проявился в раннем рифее. В структурном плане о. Б.Тютерс и о. Гогланд, на котором известны кислые вулканиды, приурочены к предполагаемой субширотной палеорифтовой зоне. Из этого можно сделать вывод, что рифейская палеорифтовая система Восточно-Европейской платформы субширотного простираения имеет принципиальные отличия от большинства амагматичных палеорифтовых структур СЗ простираения.

В палеозое крупные магматические проявления сменились на мелкие интрузии щелочных пород (трубки взрыва) и концентрированные флюидные потоки (флюидизаты), часть из которых уже разрабатывается или широко известна, существование других только предполагается. Интересными объектами, которые указывают на фанерозойскую активизацию БМТЗ, являются участки аномально дислоцированных пород палеозойского чехла [1]. Среди наиболее ярко выраженных, где пласты палеозойских пород интенсивно дислоцированы и местами «стоят на головах», известны Андомская и Дюдерговская зоны дислокаций. При этом, как показывают наши петрогеохимические исследования позднедевонских осадков района горы Андома, они образовались за счет размыва свекофенских пород и особенно гранитов рапакиви, а транспорт обломочного материала

происходил по «каналу», приуроченному к зоне сочленения Балтийского щита и Русской плиты, то есть вдоль БМТЗ, что указывает на активность этой структуры и в это время [5].

Другой примечательной особенностью БМТЗ является приуроченность к ней концентрических структур, которые в настоящее время интерпретируются как астроблемы. Это структуры: Сальян (Швеция), Карда и Каали (о-ва Хьюма и Саарема, Эстония), Лумпарн (Аландские о-ва), Мишина гора (р-он Чудского озера), Янис-Ярви (Северное Приладожье) [8]. Характерным элементом этих структур является наличие в них горных пород с конусообразными структурами («Shatter cones»), которые являются признаками ударного или взрывного метаморфизма. В ходе наших полевых работ на острове Мощный (осевая часть Финского залива) были обнаружены валуны гранитного состава из краевой части Выборгского массива рапакиви с подобными структурами. Учитывая неоднозначность интерпретации концентрических структур и их явную приуроченность к разломам, можно предполагать их эндогенную природу, что ещё раз свидетельствует о разнообразии проявлений тектонической активности в БМТЗ.

Другой замечательной особенностью БМТЗ являются находки большого количества разнообразных минералов так или иначе обязанных своему появлению эндогенной активности, проявившейся в пределах этой тектонической зоны. Прежде всего это алмазы Архангельской области, а также гранаты (Приладожье и Онежский п-ов), кварц-волосатик (Онежское озеро), аметист (р. Онега), целестин (р. Пинега) и множество редких минералов в скарнах и пегматитах Приладожья, Южной Финляндии и Центральной Швеции.

По мнению ряда исследователей, девонская эпоха по значению структурообразующих процессов на площади платформ соизмерима, а может в чем-то и превосходит рифейский этап рифтообразования [2]. Так на Балтийском щите с девонскими структурными трендами связаны щелочные интрузии. Предположение о девонской активности БМТЗ, которое предполагается на основе наших исследований, ещё раз подтверждает мнение многих ученых о целесообразности проведения работ в этой зоне по поиску кимберлитов и интрузий щелочных пород. При этом следует отметить, что ещё в 1980 году мы предполагали наличие интрузии щелочных пород в районе Кожозера [4], что косвенно было подтверждено буровыми работами, которые выявили жилы карбонатов (карбонатитов?) в этом районе.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00485 и Программы Президиума РАН № 19

Литература

1. Колодяжный С.Ю., Балуев А.С., Терехов Е.Н. Структура и эволюция Андомского сегмента юго-восточной окраины Балтийского щита // Геотектоника. 2016 №4. С.48-60.
2. Леонов Ю.Г. Тектоническая природа девонского орогенеза. Москва. «Недра» 1976.122 .
3. Полканов А.А. Геология хогландий-иотния Балтийского щита. Труды лаборатории геологии декабря. 1956. Вып.6. 122 с.
4. Моралев В.М., Терехов Е.Н. Опыт геологической интерпретации Кожозерской кольцевой структуры, отдешифрованной по космическим снимкам (Восточная Карелия) // Исследование Земли из Космоса. 1980. 5. С. 17-21
5. Терехов Е.Н., Балуев А.С., Колодяжный С.Ю., Белокрыс М.А. Элементы-примеси в верхнедевонских отложениях из зоны складчато-разрывных дислокаций горы Андома (Юго-Восточное Прионежье) и их индикативная роль в выявлении источников сноса // Литология и полезные ископаемые. 2017. №4. С. 367-382.
6. Терехов Е.Н., Макеев Д.А., Панфилов И.П., Щербакова Т.Ф., Балуев А.С., Ермолаев Б.В. О природе вторичных кварцитов острова Большой Тютерс (Финский залив), Россия // Литосфера. 2017. № 6, с. 34-56.
7. Papisikas N., Juhlin C. Interpretation of reflections from the central part of the Siljan Ring impact structure based on results from the Stenberg-1 borehole // Tectonophysics.1997.269.237-245
8. Pipping F. and PuuraV. 1996. Impact craters in the surroundings of the gulf of Finland // Geological Survey of Finland, Special Paper 21. 127-133

СТРОЕНИЕ МОНГОЛЬСКОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Томуртоого О.

tt@igmr.mas.ac.mn, Академия наук, г. Улан-Батор, Монголия

Территория Монголии включает разновозрастные складчато-покровные сооружения, группирующие в Северо-Монгольскую и Южно-Монгольскую складчатые области [Tomurtoogo, 2014].

Северо-Монгольская складчатая область, занимающая Монгольский Алтай, Котловину Больших Озер, Долину Озер и нагорья Прихубсугуля, Хангая и Хэнтэя, объединяет Центрально-Монгольский массив и примыкающие к нему с разных сторон Баянхонгорскую, Озерную, Восточно-Хубсугульскую, Монгольско-Алтайскую и Хангай-Хэнтэйскую складчатые системы.

Важной особенностью строения Центрально-Монгольского массива является гетерогенность его фундамента, в котором наряду с группой кратонных террейнов (Байдрагский, Тарбагатайский и Цумерлегский блоки) с “серогнейсовыми” комплексами неорехя представлены составные террейны (Тэс-Дархатская, Дзабханская и Орхонская мегазоны), сложенные разнотипными структурно-вещественными комплексами раннего неопротерозоя. При этом заметная роль в составе последних принадлежит метаофиолитам и вулканогенно-осадочным образованиям островодужной природы. С другой стороны, в строении указанного массива отчетливо обособляется вулканогенно-осадочный чехол, возникший в интервале криогений-ранний кембрий и включающий рифтогенные вулканиты и трансгрессивно перекрывающий их спарамитовый комплекс с диамиктитам в основании.

Баянхонгорская, Озерная и Восточно-Хубсугульская складчатые системы, находящиеся в обрамлении Центрально-Монгольского массива, одинаково характеризуются покровной структурой и широким развитием в них неопротерозойских офиолитов Троодосского типа и ассоциирующихся с ними островодужных вулканогенно-осадочных комплексов эдиакарско-раннекембрийского возраста [Томуртоого, 2002; Dergunov, 2001].

Для Монгольско-Алтайской и Хангай-Хэнтэйской складчатых систем более характерны мощные турбидитовые комплексы с возрастными от кембрия до раннего триаса включительно (на востоке), а офиолиты в них представлены фрагментарно и, в основном, включены в состав аккреционных комплексов [Dergunov, 2001].

Южно-Монгольская складчатая область, расположенная к югу от Срединно-Монгольской Тектонической Линии (линеамент) и простирающаяся от бассейнов рр. Онон и Керулен на северо-востоке до Заалтайской Гоби на юго-западе, включает Керуленский, Южно-Гобийский и Хатанбулагский массивы, а также Гобийскую и Солонкерскую складчатые системы.

Расположенный на крайнем севере Керуленский массив представляет собой крупный супертеррейн, состоящий из разнотипных фрагментов гренвилльской и раннекаледонской складчатых систем [Tomurtoogo, 2014]. Становление этого супертеррейна скорее всего имело место в раннем палеозое, на что указывает широкое распространение в нем интрузий коллизионных гранитоидов раннего ордовика, перекрытых морскими молассами карадокского возраста.

Строение двух других из вышеперечисленных массивов изучено недостаточно, но в них также установлены фрагменты гренвиллид и морские молассы с остатками карадокских фаун [Dergunov, 2001].

Гобийская складчатая система, зажата между Керуленским и Южно-Гобиским массивами, характеризуется ярковыраженной покровной структурой и образована зонами серпентинитового меланжа с блоками офиолитов Лигурийского типа и пакетами тектонических пластин с морскими вулканогенно-осадочными образованиями среднего палеозоя [Dergunov, 2001; Tomurtoogo, 2014].

Солонкерская складчатая система, шарьированная с юга на окраину Хатанбулагского массива, относится к фрагменту индосинид, продолжение которого на смежной территории Внутренней Монголии представлено Хегеншаньской офиолитовой зоной. Она образована серией узких и субшироко ориентированных тектонических пластин, включающих аллохтоны ультрабазитов и рифовых построек с местонахождениями тетических фаун, а также зоны серпентинитового меланжа с блоками островодужных вулканитов [Dergunov, 2001; Tomurtoogo, 2014].

Литература

Томуртоого О., 2002. Тектоническая карта Монголии в м-бе 1:1,000,000 //Улан-Батор, Геоинформационный центр УМРМ. 6 л.

Dergunov A.B. (Ed.), 2001. Tectonics, Magmatism, and Metallogeny of Mongolia //London and New York: Routledge. 286 p.

Tomurtoogo O., 2014. Tectonics of Mongolia // In: Exp. Note to the Tectonic Map of Northern, Central and Eastern Asia and Adjacent Areas at scale 1:2,500,000. St.Petersburg; VSEGEI. Printing Nouse. Pp.110-126.

СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КАСПИЙСКОЙ АКВАТОРИИ

Шейков А.А.

Sheykovaa@yng.ru, АО «Южморгеология», Геленджик, Россия

С 2000 года в акватории Каспия «Южморгеология» выполняет геологическую съемку масштабов 1 : 1000 000 и 1 : 200 000. Для изучения четвертичных образований использовались следующие основные методы: высококорреляционная сейсморазведка, низкочастотное и высокочастотное непрерывное сейсмоакустическое профилирование, донное опробование, опорное картировочное бурение (на глубину до 95 м). На основе комплексного геолого-геофизического подхода к интерпретации данных обобщались ретроспективные и впервые полученные материалы.

В результате многолетних комплексных исследований подготовлена современная сейсмостратиграфическая основа, составлены схемы корреляции подразделений квартера и региональная сейсмостратиграфическая схема, дана сейсмостратиграфическая характеристика четвертичным образованиям, отмечены основные особенности их седиментогенеза. Традиционно выделяются трансгрессивные стратиграфические диапазоны, в качестве основных сейсмостратиграфических реперов выступают регрессивные этапы развития региона. Образования квартера в акватории вскрыты и опробованы, по площади прослежены по данным геофизики. В генетическом отношении присутствуют преимущественно морские (биогенные, волновые, течениявые и нефелоидные), аллювиальные и озерно-аллювиальные (лимноаллювиальные) образования. Выделено семь основных сейсмостратиграфических комплексов, кратко охарактеризованных ниже. Их вещественная характеристика и возрастная привязка подтверждена материалами бурения в акватории и экстраполяцией с прилегающей сушей. Детальность расчленения разреза определена структурно-формационными различиями, глубиной залегания толщ и качеством сейсмозаписей. Выделение сейсмокомплексов базируется на прослеживании поверхностей несогласий по регулярной сети профилей.

Верхнеплиоцен-нижнеоплейстоценовый сейсмокомплекс Io-B (реже I-B) неогена и квартера (акчагыл) залегает с разрывом, регистрируется, как серия сигмоидных отражений с северной экспозицией, срезается по типу стратиграфического несогласия в сторону вала Карпинского. Сейсмозапись – клиноформная. Наклон косых серий свидетельствует о кавказском источнике сноса. Горизонт B – высокочастотное среднеамплитудное отражение, привязанное к кровле акчагыла по скважинам. Постановлением МСК (вып. 41, 2012) нижняя граница квартера поменялась с 1,8 до 2,6 млн. лет, теперь отсутствует надежный репер (в виде сейсмогоризонта), отделяющий четвертичные образования от дочетвертичных, а граница квартера проходит уже где-то внутри этой клиноформной толщи акчагыла.

Верхнеоплейстоценовый сейсмокомплекс B-B квартера (апшерон) залегает на нижнеоплейстоценовых породах со стратиграфическим несогласием. Клиноформный, со смещением косослоистой части разреза в сторону областей сноса. Фиксируются и горизонтальные субпараллельные отражения переменной амплитуды. Коррелируется сейсмогоризонтом B – прерывистое среднечастотное отражение с переменной амплитудой, которое перекрывает сигмовидные отражения клиноформ акчагыла и апшерона и привязывается к подоше неоплейстоцена. Нижняя часть разреза – преимущественно, песчаная, верхняя – глинистая.

Тюркянский регрессивный горизонт распространен фрагментарно, в основном заполняет врезанные в кровлю апшеронских отложений (сейсмогоризонт B) долины палеорек. Коррелируется прерывистыми с переменной амплитудой среднечастотными отражениями, отделяющими параллельно-слоистую сейсмофаццу от вышележащей волнисто-бугристой. Приурочен к поверхности предбакинского шельфа.

Нижнеоплейстоценовый сейсмокомплекс B-A1 (бакинский) залегает с разрывом на апшероне или тюркянском горизонте. Представлен на сейсмических разрезах параллельно-

слоистыми прерывистыми, местами хаотическими и бугристыми осями синфазности. На сейсмоакустических разрезах комплекс отличается непротяженными, слабо интенсивными отражающими площадками, причем в верхней части комплекса нередко переходы к хаотической сейсмозаписи. Коррелируется сейсмогоризонтом А1 (кровля баку) – разделяющим два типа сейсмозаписи. Выше него регистрируются слоистые толщи с подчиненным распространением участков «акустически прозрачной» и неслоистой сейсмозаписи, ниже – толща с непротяженными, неинтенсивными отражающими площадками, корреляция которых затруднена.

Черноярский (астраханский) регрессивный горизонт распространен фрагментарно, заполняет долины палеорек врезанные в нижнехазарский сейсмокомплекс А1-А2.

Среднеплейстоценовый сейсмокомплекс А1-А3 (хазарский) на сейсмоакустических разрезах характеризуется отчетливой слоистостью выдержанной на больших расстояниях, что отличает его по типу сейсмозаписи от выше- и нижележащих комплексов. Коррелируется ательским регрессивным сейсмогоризонтом А3 – нижняя граница распространения «акустически прозрачных» линз сопоставима с подошвой хвалыньских слоев. Сейсмогоризонт А2, отделяющий верхнехазарские образования от нижнехазарских, прослеживается фрагментарно (потеря сейсмозаписи от загазованности разреза).

Верхнеплейстоценовые регрессивные ательские образования квартера распространены локально. Заполняют преимущественно долины палеорек врезанные верхнюю часть хазарского сейсмокомплекса А1-А3. Подошва врезов на Северном Каспии отчетливо фиксируется, как динамически выраженное двухфазное отражение.

Верхнеплейстоценовый сейсмокомплекс А3-А5 (хвалыньский) залегает с разрывом. На сейсмоакустических профилях характеризуется переслаиванием хорошо стратифицируемых сеймопачек (горизонтально-слоистый тип записи с чередованием высоко- и низкоамплитудных отражающих пачек) с «акустически прозрачными» линзами. В пачках наблюдаются выклинивания и литологические замещения слоев. Коррелируется горизонтом А5 – граница 1-2-фазной четкой записи сопоставляемая с подошвой голоцена.

Нижнеголоценовый регрессивный сейсмокомплекс А5-А6 (мангышлакский) на севере заполнил долины палеорек врезанные в образования хвалыни. На траверсе Кизлярского залива и далее в южном направлении осадки переходят уже в полноценные маломощные слои. На высокочастотных записях отчетливо проявляется тонкослоистое строение выполняющих отложений. На низкочастотных записях врезы выражены хуже, и, зачастую, их положение определяется по усилению реверберационных помех.

Средне-верхнеголоценовый сейсмокомплекс А6-Д (новокаспийский) залегает с разрывом, распространен повсеместно. Сейсмозапись – непрерывная параллельно-слоистая.

Создана современная региональная сейсмостратиграфическая схема квартера акватории Каспия (автор А.А. Шейков), в 2016 г. она рассмотрена и одобрена СК РМСК. Затем разработаны региональные схемы для суши и акватории [Шкатова, Шейков, 2015; 2017] вошедшие в актуализированные серийные легенды Государственной геологической карты миллионного масштаба третьего поколения (ГК-1000/3) - Скифскую и Центрально-Европейскую. Подготовлены современные сейсмостратиграфическая и стратиграфическая основы квартера обеспечивающие единую трактовку его расчленения.

При подготовке настоящего сообщения использованы материалы, полученные в рамках государственных контрактов ПС-02-06/1713, 09/01/12-18, 10/01/13-50, 49/01/16-5.

Список литературы

Шкатова В.К., Шейков А.А. «Региональные сейсмостратиграфия и стратиграфия Каспийского региона в квартере» // Материалы XXI Международной Научной конференции (Школы) по морской геологии, г. Москва, ИО РАН, 2015, Т. III. С. 363-367.

Шейков А.А., Шкатова В.К. «Отражение регрессивных событий квартера в акватории Каспийского моря» // «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований». Материалы X Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. М.: ГЕОС, 2017 С. 479-481.

АМОЕВОСЕРАС ОВАЛЕ КАК БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ МАРКЕР ВЕРХНЕЙ ЗОНЫ ОКСФОРДА - REGULARE/ROSENKRANTZI

Юшин К.И.

yushin-kirill@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Важнейшей задачей стратиграфии является установление относительного возраста горных пород. Без выяснения временных феноменов «раньше», «позднее» и «одновременно» невозможно восстановить ход геологического развития отдельных регионов, а, соответственно, и всей земли в целом. Единственным инструментом определения относительного возраста являются ископаемые остатки некогда живших на Земле организмов. Их стало возможно уверенно использовать для этих целей после установления фактора необратимости эволюционного процесса. Лучше всего подходят для датировки возраста пород так называемые руководящие ископаемые, одним из важнейших признаков которых являются очень короткое, из-за быстрого эволюционирования, существование отдельных видов. Одной из самых ярких и надежных групп руководящих окаменелостей являются аммоноидеи. Среди представителей данного подкласса даже не виды, а тактоны родового ранга подчас помогают определить максимальный возраст с максимальной возможной степенью детальности.

В известняковом карьере Домодедовский у дер. Горки Ленинские, в 35 км к югу от Москвы, вскрыт разрез средне-верхнекаменноугольных отложений. Разрез является неостратотипом мячковского горизонта московского яруса; предлагается в качестве стратотипа нижней границы касимовского яруса и нижней границы верхнего отдела каменноугольной системы. Карьер утверждён как памятник природы местного значения; предлагается в качестве стратиграфического геологического памятника природы мирового ранга с заказным режимом охраны.

В карьере снизу-вверх вскрыты отложения верхов щуровской толщи подольского горизонта, новлинской и песковской толщ мячковского горизонта московского яруса и низов суворовской толщи кревкинского горизонта касимовского яруса. Уникальность данного разреза состоит в том, что в некоторых местах в карьере встречаются карманы, заполненные юрскими отложениями. Подобные карманы всегда представляют огромный интерес, так как могут содержать экстраординарные биоты уникальной сохранности, в норме не сохранившиеся ни в данном, ни в соседних районах.

На территории центральных областей России, оксфордские отложения в большей степени представлены глинами, а также известняками, мергелями и карбонатными песчаниками.

Наибольшее значение для разработки стратиграфии оксфорда на территории бывшего СССР имели разрезы центральных областей Русской плиты, прежде всего разрезы Подмосковья, а также бассейна реки Оки. Однако и до сих пор четкое зональное деление оксфордских слоев в этом районе еще невозможно, а ряд ревизий наиболее полных палеонтологических монографий позволяет лишь в общем виде оценить возрастной диапазон выделяемых в разрезе пачек и слоев. Поэтому находки ископаемой фауны и флоры в данных отложениях играют такую значимую роль для стратиграфии.

Оксфордские отложения на территории карьера Домодедовский целенаправленно были изучены в ходе подмосковной учебной геологической. Стоит отметить, что данные породы в карьере обнажаются в нескольких местах. Так в верхнем уступе, в кармане доломитизированных известняков кревкинского горизонта породы оксфорда представлены серо-сиреневыми слюдянистыми тонкоплитчатыми глинами с корой выветривания в нижней части (рис.1).

Приблизительно в 20 см выше коры выветривания в данных отложениях была сделана уникальная находка нескольких раковин аммонитов хорошей сохранности, позволившей определить их до вида как *Amoeboeceras ovale*. Стоит отметить, что данные о ранее найденной фауне и флоре в литературе отсутствуют.

Как было сказано выше, Аммониты имеют важное значение для стратиграфии. Быстрое развитие, а также быстрое расселение позволяет нам говорить о том, что аммониты являются зачастую одними из важных руководящих ископаемых, а также важнейшим биостратиграфическим маркером.

Также, в ходе исследовательских работ был проведен литологический анализ глинистых пород Яшунским Ю.В., который не выявил никаких особенностей, отличавших эти породы от пород данного типа. Образцы глины были проверены на микрофауну, остатки которой в пробе не были обнаружены.

Из-за сокращенной мощности разреза и отсутствия находок окаменелостей в данном обнажении возраст пород являлся дискуссионным. Так, определив данные аммониты как *Amoeboceras ovale*, удалось установить зону к которой относятся данные отложения глин в карьере Домодедовский. Определенно ей является верхняя зона оксфорда - *regulare/rosenkrantzi*, что является одним из аргументов к определению этих пород как оксфордские.

Автор выражает благодарность за помощь в определении аммонитов и ценные консультации доктору геолого-минералогических наук Митте В.В.; Яшунскому Ю.В. за проведение литологического анализа, и анализа микрофауны; а также Комарову В.К. за ценные консультации.

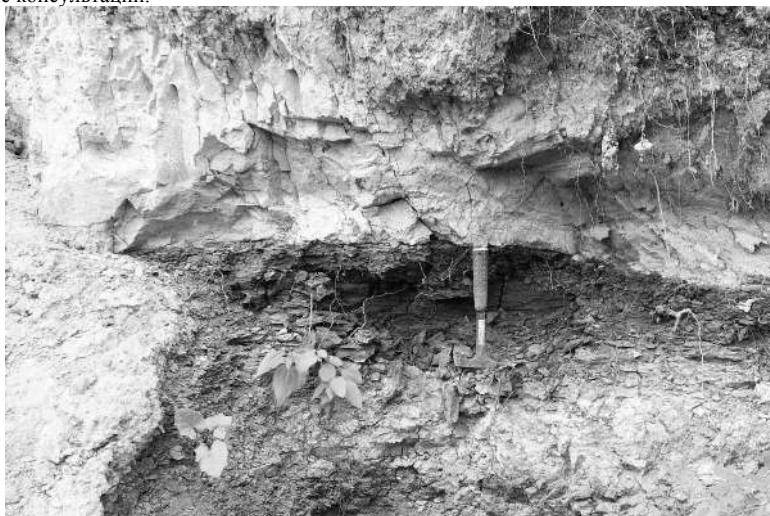


Рис. 1 Обнажение серова-сиреневых глин в верхнем уступе Домодедовского карьера
Литература

1. Месежников М.С., Ромм Г.М. (1973) К систематике подрода *Amoebites* (Ammonoidea, Cardiocerataidae).
2. Месежников М.С. (ред.) (1989) Средний и верхний оксфорд Русской платформы.
3. Вахрамеев В.А., Ильина В.И. и др. 1982, Зоны Юрской системы в СССР. Л.: Наука, С. 81-120.
4. Sykes R.M., Callomon J.H. (1979) The *Amoeboceras* zonation of the Boreal Upper Oxfordian // *Palaeontology*. V.22. Pt.4. P. 839-903
5. Głowniak E., Kiselev D.N., Rogov M., Wierzbowski A., Wright J. (2010) The Middle Oxfordian to lowermost Kimmeridgian ammonite succession at Mikhalenino (Kostroma District) of Russian Platform, and its stratigraphical and palaeogeographical importance // *Volumina Jurassica*. Vol.8. P.8-45.
6. <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-geologicheskije-pamyatniki-prirody.pdf>

S-II

**СЕКЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ
И ПРОБЛЕМ УГЛЯ, НЕФТИ И ГАЗА**

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В ИСКУССТВЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЕМКОСТНОГО ПРОСТРАНСТВА

Абдулкеримов Р.Ф.

1032166365@pfur.ru, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

В соответствии с энергетической стратегией России на период до 2030 г. планируется обеспечить добычу нефти на уровне 530-535 млн. тонн. В этой связи значительно возрастает роль геолого-геофизического обеспечения нефтепромысловых работ в сложнопостроенных коллекторах.

Одной из самых больших провинций, характеризующейся сложнопостроенными коллекторами является Западно-Сибирская, которая занимает второе место в мире по масштабу нефтегазоносности.

На современном этапе освоения нефтегазоносных площадей, можно отметить, что большинство месторождений находятся на завершающей стадии разработки, поэтому наиболее актуальным является детальное доизучение геологического строения и потенциала нефтегазоносности в залежах, содержащих трудноизвлекаемые запасы нефти и газа.

Для решения этой задачи необходимо изучить особенности геологического строения, установить локализацию сложнопостроенных коллекторов, проанализировать всю имеющуюся информацию о свойствах продуктивных пластов с учетом их литолого-фациальной изменчивости и влияния на них процессов разработки.

В настоящее время отсутствуют универсальные критерии выбора того или иного метода для решения конкретной объектно-ориентированной задачи. В связи с этим необходимо разработать систему с максимальным охватом теоретически возможных позиций, а также фактических данных о структуре емкостного пространства, которые реализуются в процессе построения геологической модели залежи.

Основная цель данного исследования — создание интерпретационной модели емкостного пространства по методу ядерно-магнитного резонанса в сильном магнитном поле.

Для реализации этой цели были выполнены следующие работы.

Изучен процесс образования порового пространства с учетом вторичных преобразований. Проведен сравнительный анализ существующих методик оценки емкостного пространства. Проанализированы существующие методы определения коэффициента пористости по комплексу методов геофизических исследований скважин (ГИС) для различных типов коллекторов.

На основе вышеизложенного, была разработана интерпретационная модель для оценки структуры емкостного пространства на основе комплексного анализа геолого-геофизических данных. Разработанная интерпретационная модель была адаптирована для сложнопостроенных коллекторов и апробирована на фактическом материале.

Практическая значимость данного исследования по созданию интерпретационной модели емкостного пространства по методу ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) в искусственном магнитном поле показана на примере использования данной модели при изучении сложнопостроенных коллекторов одного из месторождений Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Использование ядерно-магнитного резонанса для определения пористости горных пород основывалось на возможности прямой индикации водородосодержания поровых флюидов, которые находятся в емкостном пространстве. При исследованиях порового пространства горных пород измерялась реакция намагничности порового флюида в породе. Амплитуда этого сигнала пропорциональна объемному водородосодержанию. При этом к моменту начала измерения релаксация водорода, входящего в состав твердой фазы, завершается, и он не вносит вклада в сигнал. Поэтому метод ЯМР характеризует

водородосодержание только флюида в пустотном пространстве породы, которое по данным калибровки может быть пересчитано в коэффициент пористости.

Эффект ЯМР чувствителен к таким важным петрофизическим параметрам, как распределение пористости по размерам пор и их общий объем, насыщенность и состав флюидов. Основным негативным фактором является влияние магнитных минералов, но их содержание в осадочных разрезах обычно невелико и существенно не влияет на результаты измерений. При значительных количествах парамагнитных включений, релаксация не будет регистрироваться и пористость по ЯМР окажется заниженной.

Метод ЯМР является единственным методом ГИС, дающий дифференцированную информацию о распределении пористости – пористость глин, пористость капиллярно-связанной воды, эффективная пористость. Обработка данных заключается в преобразовании релаксационной кривой в дифференциальное, а затем интегральное распределение пористости по временам релаксации.

Определение характеристик пористости проводится в рамках интерпретационной модели поверхностной релаксации. Исходная релаксационная кривая представляет собой сложную суперпозицию различающихся по временам релаксации компонент, каждая из которых соответствует группам пор разного размера.

Качество данных ГИС является одним из важнейших условий достоверной оценки свойств изучаемого разреза, что обусловлено как сложностью вещественного состава, вторичной природой емкостного пространства, так и предельно низким диапазоном изменения коэффициента пористости. Этот диапазон соответствует области, в которой погрешность оценки коэффициента пористости существующими методами ГИС соизмерима с самими значениями пористости.

Изучение порового пространства на основе данных петрофизических исследований не всегда дает точные данные, так как при изменении температурного режима, давления меняется и сама структура пустотного пространства.

Разработана методика ЯМР по определению параметров фильтрационно-емкостных свойств (ФЭС) (пористости, флюидонасыщенности, проницаемости), которая может быть использована при отсутствии кернового материала.

По способу формирования и измерения сигнала ЯМР является методом искусственного поля. Наиболее важными управляемыми параметрами являются время намагничивания TW и время задержки между импульсами TE . Изменение поведения релаксационной кривой при различных TW может указывать на присутствие пор крупных размеров или наличие в зоне исследования углеводородов.

Реализованная технология оперативных исследований нефтегазоносных отложений, базирующаяся на использовании метода ЯМР в процессе бурения скважины, обеспечивает оперативное выделение в разрезе скважины пластов-коллекторов с оценкой их флюидонасыщенности, а также может служить интерпретационной основой для создания геологической модели.

Применение метода ЯМР в качестве геоинформационной основы при эксплуатации месторождений позволяет более рационально подходить к проблемам их разработки.

Литература

1. Вендельштейн, Б.Ю., Резванов, Р.А. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов / Б.Ю. Вендельштейн, Р.А. Резванов. - М.: Недра, 1978. - 316 с.
2. Кожевников, Д.А. Нейтронные характеристики горных пород и их использование в нефтегазопромисловой геологии / Д.А. Кожевников. - М.: Недра, 1982. — 221 с.
3. Исайчева, Е.Г. Применение метода ядерно-магнитного резонанса – геоинформационная основа для повышения эффективности разработки месторождений нефти и газа. Кн. Повышение эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений на поздней стадии / Е.Г. Исайчева. – Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2017, С. 28.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ПРОЦЕССЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ФОКУСИРОВАННОЙ РАЗГРУЗКОЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ДНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (РЕЗУЛЬТАТЫ 4-Х ЭКСПЕДИЦИЙ CLASS@BAIKAL)

Ахманов Г.Г.¹, Хлыстов О.М.², Кудаев А.А.³

¹akhmanov@geol.msu.ru, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

²khloleg45@yandex.ru, ЛИН СО РАН, г. Иркутск, Россия

³a.a.kudaev@gmail.com, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Одно из ключевых обобщений разнородных сведений о фокусированных выходах углеводородов (УВ) на дне морей и их типизация были сделаны М.К. Ивановым в работе 1999 года [2]. Геологические, геофизические, геохимические и биологические признаки фокусированной разгрузки УВ широко используются при поисковых и геологоразведочных работах на нефть и газ на акваториях. Обширные знания об особенностях субаквальных газовых и нефтяных сипов, систематизированные М.К. Ивановым, получены в экспедициях Международной программы «Обучение-через-исследования (Плавучий Университет)», ежегодно, с 1991 года, проводимых под его руководством. Современное воплощение «Обучение-через-исследования» представлено в экспедициях проекта Class@Baikal, направленного на обучение студентов на примере изучения современного осадконакопления и зон разгрузки УВ на дне озера Байкал,

Нефтепроявления и пузырения газа на поверхности озера Байкал известны с древних времен. Масштабные исследования нефтегазоносности осадочного бассейна начались в 80-е годы прошлого столетия [3]. В 1997 году глубоководным бурением в осадочной толще были обнаружены газовые гидраты [4], что подтвердило возможность не только генерации, но и скопления углеводородов в бассейне.

В ходе 4-х экспедиций проекта Class@Baikal на акватории озера Байкал на НИС «Г.Ю. Верещагин» в 2014-2017 годах было выполнено 295 станций пробоботбора ударными трубками длиной 3 и 5 м. Керн, отобранный в 231 станции, изучался геохимическими методами – отобраны пробы газа методом «head-space» с дальнейшим проведением газовой хроматографии и изотопной масс-спектрометрии. Около 300 метров керна было сканировано на рентгеновском томографе. Выполнено более 1841 км геофизических профилей (наборный профилограф, сейсмоакустическое профилирование, гидролокация бокового обзора). Полученные профили дополнили представления о структурах, характеризующихся акустическими аномалиями, связанными с газонасыщенностью осадков. Основными объектами исследований стали сипы, грязевые вулканы, газогидратоносные структуры дна озера.

Типичные донные отложения глубоководной части озера Байкала представлены голоценовыми диатомовыми и глинисто-диатомовыми илами, которые залегают на плейстоценовых алевролитистых глинах. Анализ керна позволил установить, что в зонах фокусированной разгрузки углеводородов осадки характеризуются специфическими чертами: наличием субвертикальных каналов длиной до 70 см и диаметром до 8 мм. Томографические исследования керна определили, что по характеру заполнения таких каналов можно косвенно судить об активности современной флюидоразгрузки [5].

Результаты анализа углеводородных газов из осадков (более 1900 образцов) показали повсеместное присутствие метана (99-100%) со средними концентрациями 72,12 мл/л [6]. В 12% образцов был встречен этан, концентрации которого варьируют в пределах от 0.31 до 4.68 мл/л. Изотопный состав углерода метана варьирует в пределах от -42,8‰ до -84,34‰, что говорит о присутствии газа различного происхождения (биогенного, термогенного и бактериально переработанного термогенного) [6]. Более изотопно тяжелый углерод метана и гомологи метана отмечены в осадках на структуре «Сип 13», на сипе «Санкт-Петербург», сипе «Крест», сипе «Колоустный», сипе «Красный Яр», на грязевом вулкане «Новосибирск».

Опробованием вершин грязевых вулканов получены образцы грязевулканических брекчий, состав которых изучен в лабораториях Московского государственного университета, а возраст – в ЛИН СО РАН. Изучение обломков из брекчий позволяет оценить глубину заложения корней грязевых вулканов.

Объемностью грязевых вулканов озера Байкал является сходство литологического состава обломков и матрикса грязевулканической брекчии – фрагменты незначительно более литифицированных глинисто-алевритовых пород («глиняные окатыши») находятся в алевритовом глинистом матриксе [1]. Проведенный гранулометрический, рентген-структурный и диатомовый анализы обломков и матрикса брекчии указывают на неглубокое заложение корней грязевых вулканов озера Байкал.

Другим объектом детальных исследований был сип «Красный Яр» и расположенный выше по склону оползень. Интерес к изучению этого объекта вызван структурой и морфологией оползневого тела. Стенка отрыва располагается на глубине, совпадающей с границей стабильности газовых гидратов озера. Фронт оползневого тела устанавливается на склоне непосредственно над сипом «Красный Яр». Моделирование оползания склона, в зависимости от степени и характера распределения газонасыщенности илов, позволило определить причины дестабилизации склоновых отложений. Были определены критерии для идентификации субаквального оползания, спровоцированного разгрузкой газа на дне. Более широкое раскрытие таких критериев на примере других субаквальных оползней позволит установить новый «прямой» признак активной флюидоразгрузки для более точной постановки геологоразведочных работ.

Важно подчеркнуть, что работы, выполняемые в рамках проекта Class@Baikal, нацелены, в первую очередь, на понимание процессов, сопровождающих развитие рифтогенных осадочных бассейнов в их начальные этапы развития. Кроме того, методические приемы, отработанные на озере Байкал, применимы на акваториях, где активно ведутся геологоразведочные работы.

Литература:

1. Беляева А.А., Ахманов Г.Г., Корост С.Р., Хлыстов О.М. Состав и строение грязевулканических отложений грязевого вулкана Большой (озеро Байкал). Труды VI Международной научно-практической конференции “Морские исследования и образование (MARESEDU-2017)”: [сборник]. - Тверь: ООО "ПолиПРЕСС", 2017.- 742 с.
2. Иванов М.К. Фокусированные углеводородные потоки на глубоководных окраинах континентов. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Москва, 1999.
3. Конторович А.Э. Геохимия нафтидов и проблема генезиса байкальской нефти / А.Э. Конторович, Д.И. Дробот, Р.Н. Преснова // Сов. геология. – 1989. - №2. – С.21-29.
4. Кузьмин М.И., Калмычков Г.В., Гелетий В.Ф. и др. Первая находка газогидратов в осадочной толще озера Байкал // Докл. РАН, 1998, т. 362, №4, с. 541-543.
5. Кудавев А.А., Корост Д.В., Ахманов Г.Г., Хлыстов О.М. Аутигенная минерализация в зонах фокусированной разгрузки углеводородов озера Байкал. Комплексные исследования Мирового океана. Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых, г. Москва. [Электронный ресурс]. – Москва: ИО РАН.
6. Kislitsyna E.V., Karamova G.F., Vidishcheva O.N., Akhmanov G.G., Khlystov O.M. (2017) The study of molecular and carbon isotopic compositions of hydrocarbon gases sampled in Lake Baikal during the Class@Baikal-2016 expedition. In: Innovations in Geology, Geophysics and Geography-2017. Conference materials of the 2nd International Youth Scientific and Practice Conference, pp. 47-48

ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ И ПОВЕДЕНИЕ ВОДНО-УГЛЕВОДОРОДНЫХ
ВКЛЮЧЕНИЙ В СИНТЕТИЧЕСКОМ КВАРЦЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ДО
650 °С И ДАВЛЕНИЯХ ДО 150 МПа (ЭКСПЕРИМЕНТ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ)

Балицкий В.С., Балицкая Л.В., Бубликова Т.М., Голунова М.А.
balvlad@iem.ac.ru, Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка,
Россия

В последние годы синтетические включения в минералах начали широко использоваться при решении проблем происхождения и миграции углеводородов в земной коре, выяснении их фазового состава и состояний, включая метаморфические превращения. Это связано с тем, что непосредственно наблюдать фазовые состояния и превращения углеводородов в земных недрах при повышенных и высоких термобарических параметрах практически невозможно. Поэтому для их характеристики большое значение приобретают экспериментальные исследования с использованием синтетических флюидных включений в минералах [1, 2, 4]. В представленном докладе приводятся результаты подобных исследований, полученных в последнее время в ходе выполнения ряда проектов РФФИ (№№ 06-05-64505-а, 09-05-00774-а, 12-05-00937-а, 12-05-91952 НЦНИ-а и др.). Объектами исследований были водно-углеводородные включения в синтетическом кварце, выращенном в смесях чистой воды, слабощелочных, щелочных, хлоридных и фторидных водных растворов с сырой нефтью из месторождений Северного Кавказа и Татарстана. Доля сырой нефти в исходных смесях составляла от 0,01 до 70 об. %. Опыты осуществляли в жаропрочных автоклавах объемом 50, 100 и 280 мл в диапазоне температур 260–650 °С и давлений 1–150 МПа соответственно в условиях прямого температурного перепада. Водно-углеводородные включения формировали как в кварцевых затравках с заранее подготовленными полостями травления, так и путем самопроизвольного зарождения в наростном слое новообразованного кварца. Продолжительность опытов составляла 15–30 суток. Продукты опытов изучали методами газовой и жидкостной хроматографии, рентгенометрии и электронно-зондового микроанализа. Жидкие и газообразные фазы во включениях характеризовали ИК-спектрами, записанными в диапазоне температур 25–400 °С, а фазовые состояния и поведение флюидов во включениях изучали при их нагревании и охлаждении с привлечением методов современной микротермометрии [3].

В общей сложности было выращено более 100 кристаллов кварца с водно-углеводородными включениями размером от сотых долей до 2 миллиметров в поперечнике. В основном это были существенно жидкие трехфазные и многофазные включения с различными объемными соотношениями фаз, отвечающие неравенствам $L1 > G >> L2$, $L2 \geq L1 > G$, $L1 > G >> L2 > SB$, $L2 \geq L1 > G > SB$, $L1 > G >> L2 >> L3 > SB$, где $L1$ – водная фаза, G – газообразная фаза (водяной пар, метан и реже этан и пропан, пары жидких углеводородов), $L2$ и $L3$ – жидкие углеводороды, SB – твердые битумы. Реже в кристаллах наблюдали двухфазные включения с соотношением фаз $L1 \geq G$, $L2 \geq G$ и $L1 \geq L2$. Такое многообразие фаз и их соотношений связано с захватом включений из флюидов, находящихся в гетерогенном состоянии. Иногда среди существенно жидких включений наблюдали вторичные существенно газовые включения с объемными соотношениями фаз $G >> L1 > L2 > SB$. Эти включения были сформированы непосредственно в процессе термометрии в связи с увеличением объема за счет возникновения в стенках вакуолей тончайших трещинок при $\alpha \rightarrow \beta$ трансформации кварца или в результате резкого падения давления, вызванного кратковременной (практически мгновенной) частичной разгерметизацией автоклава с последующим быстрым восстановлением его герметичности.

Анализ полученных данных позволяет резюмировать следующее. Нефть при взаимодействии с гидротермальными растворами в условиях прямого температурного градиента претерпевает фракционирование. При этом менее горячие верхние зоны в

автоклавах обогащаются легкими фракциями, а более горячие нижние зоны – тяжелыми фракциями и твердыми пиробитумами. При температуре более 350–400 °С сырая нефть подвержена крекингу. Еще более убедительно этот процесс прослеживается в отдельных средних и тяжелых ее фракциях. В результате во флюидах увеличивается доля углеводородных газов (в основном, метана) и легколетучих фракций. Фазовые состояния в водно-углеводородных включениях при повышенных и высоких температурах и давлениях зависят от соотношений находящихся в них водной и углеводородных фаз (жидких и газовых). В зависимости от их объемных соотношений водно-углеводородные включения находятся в гетерогенном или гомогенном состояниях. В случае соотношений $L1 > G \geq L2$ газовая фаза полностью исчезает (растворяется) при температурах 300–370 °С (давление порядка 30–90 МПа) с образованием жидкого двухфазного водно-нефтяного флюида. Во включениях с соотношением фаз $L2 \geq L1 > G$ также возникает жидкий двухфазный флюид, но газовая фаза исчезает в нем при более низких температурах (227–230 °С). Устойчивое существование таких флюидов без свободной газовой фазы удалось проследить до 385–405 °С и давлений до 90 МПа. Содержание жидких углеводородов, растворенных в водной фазе, достигает при этом 8–20 об. %. К сожалению, выше указанных температур включения взрываются. Характер зависимости растворимости жидких углеводородов в водной фазе от температуры при давлении, близком к давлению насыщенных паров, не исключает того, что при более высоких термобарических параметрах может быть достигнута их полная смесимость.

Во включениях с объемными соотношениями фаз $G \gg L1 > L2 > SB$ вначале при температуре 335 °С в газовой фазе растворяются жидкие углеводороды, и флюид становится двухфазным ($G+L1$) с весьма ограниченной долей фазы $L1$. Затем при температурах выше 350–400 °С водная фаза исчезает с образованием гомогенного газового флюида. В случае объемных соотношений фаз $L1 > G \gg L2 > SB$ полное растворение нефти с образованием двухфазного ($L1+G$) флюида происходит при 250–280 °С. Далее при 365–380 °С подобные двухфазные флюиды переходят в жидкое гомогенное сверхкритическое состояние и способны находиться при указанных и более высоких термобарических параметрах сколь угодно длительное время. Падение температуры приводит к гетерогенизации флюидов с появлением исходных фаз с теми же объемными соотношениями, которые наблюдались до гомогенизации флюида. И, наконец, в случае соотношений $L2 \gg L1 \approx G \gg SB$ вначале при 230–280 °С газовая фаза (в основном метан) растворяется в жидких углеводородах с образованием двухфазного жидкого флюида ($L2+L1$), в котором при последовательном повышении температуры нефть в интервале температур 320–600 °С активно превращается в пиробитумы, вплоть до графита, газовые конденсаты и метан. Эти и другие превращения нефти в водно-углеводородных включениях зафиксированы в 70 видео фильмах, сотнях термограмм, обычных и высокотемпературных ИК-спектров.

Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о многообразии форм существования водно-углеводородных флюидов в земной коре. Это многообразие определяется, прежде всего, соотношением во флюидах водного раствора, жидких и газообразных углеводородов, а также различными термобарическими условиями их нахождения в земной коре. Результаты исследований могут явиться основой для выяснения фазового состава и состояний водно-углеводородных флюидов при повышенных и высоких температурах и давлениях, оценки максимально возможных глубин существования нефти и форм ее миграции в земных недрах.

Литература

1. Балицкий, В.С., Балицкая, Л.В., Бубликова, Т.М., Борков, Ф.П. // ДАН. 2005. Т. 404. № 1. С. 90–93.
2. Балицкий, В.С., Прокофьев, В.Ю., Балицкая, Л.В., и др. // Петрология. 2007. № 2. С. 1–15.
3. Balitsky, V. S.; Bondarenko, G. V.; Pironon, J. et. al RUSSIAN JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B. 2014. V. 8. I.7. P. 901-918.
4. Teinturier S and Pironon J. // J. Geochem. Explor. 2003. V. 78. S. 421–425.

СПЕКТРОСКОПИЯ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ МЕТААНТРАЦИТОВ И ГРАФИТОВ ТУНГУССКОГО И ТАЙМЫРСКОГО УГОЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

Бискэ Н.С., Колодей В.А.

nataliabiske@yandex.ru, Институт геологии Карельского научного центра РАН, г.
Петрозаводск, Россия

Перспективы использования огромных запасов скрытокристаллического графита и антрацита, сосредоточенных в Восточной Сибири, в значительной степени определяются их качеством. В работе представлены результаты изучения методом спектроскопии КР графитов и высоко метаморфизованных антрацитов (метаантрацитов), образовавшихся в контактах угольных пластов с мощными (свыше 100 м) трапповыми интрузиями, обусловившими длительное время прогрева. Материалом послужили образцы из коллекций ВСЕГЕИ, отобранные на известных графитовых месторождениях Восточной Сибири, где скрытокристаллический графит обычно содержит примесь чешуйчатой разновидности и ассоциирует с антрацитом. Среди угольных графитов макроскопически выделяют столбчатый, плитчатый и конкреционный морфологические типы [2].

В следствие термодинамически неравновесного характера метаморфизма метаантрациты обнаруживают широкие вариации оптических показателей. По сравнению с угольными графитами они менее раскристаллизованы и отличаются более низкой отражательной способностью ($R_{max} \leq 7,4$). В них сохраняются текстуры и структуры исходного угля. Состав, оптические характеристики и рентгеноструктурные параметры графитов и метаантрацитов приведены в работах [1, 2].

КР-спектры регистрировали в Институте геологии Карельского НЦ РАН на дисперсионном спектрометре Nicolet Almega XP (Thermo Scientific), совмещенном с бифокальным микроскопом Olympus BX51. Условия съемки: объектив кратностью 50х, 100х; локальность анализа ~1 мкм; длина волны возбуждающего He-Ne лазера - 532 нм; мощность - не более 20 мВт; время регистрации спектра - 300 с. Спектры снимали на полированных пластинках (аншлифах), каждую разновидность фиксировали в 10-15 точках с последующим усреднением данных. Математическую обработку спектров производили с помощью программного обеспечения «Omnic».

В КР-спектрах метаантрацитов в области первого порядка ($1,100-1.800 \text{ см}^{-1}$) присутствуют две близкие по ширине полосы G и D, причем по интенсивности полоса D значительно превышает полосу графита. В результате разложения спектров по [4] зафиксированы дополнительные линии «беспорядка» D2, D3, D4 и получены спектральные характеристики углерода метаантрацитов. Полуширина полосы G с центром на $1594-1601 \text{ см}^{-1}$ варьирует от 49 до 54 см^{-1} , полуширина полосы D1 ($1353-1355 \text{ см}^{-1}$) соответственно, от 51 до 60 см^{-1} . Значения отношений пиковых интенсивностей находятся в пределах: D1/G (R1) – 2,3-2,8; D2/G - 0,34-0,43; D3/G - 0,10-0,20; D4/G - 0,06-0,07. В области разрешения второго порядка ($2350-3350 \text{ см}^{-1}$) получены четыре слабые линии, причем полоса на 2695 см^{-1} обычно значительно превышает по интенсивности полосу на 2945 см^{-1} . Подобный характер спектра соответствует двумерноупорядоченному графитоподобному углероду. Изменения значений спектральных характеристик, наблюдающиеся в пределах одного аншлифа, связаны преимущественно с гетерогенностью угольного вещества. Микроскопически в изученных образцах определяются различные микрокомпоненты исходного угля.

Близкие значения параметров КР были получены для конкреционного графита, образующего эллипсоидальные обособления до 10 см в длину в пластах графита со столбчатой отдельностью [2]. Под микроскопом в отраженном свете в «конкрециях» отчетливо проявляются реликтовые микроструктуры угля. Судя по характеру спектра и значениям спектральных характеристик, конкреционный графит обладает структурной упорядоченностью, свойственной метаантрациту.

Среди основной неясно полосчатой массы в конкреционном графите и метаантраците выделяются резким рельефом плотные овальные микрообособления. Слагающие их частицы размером около 2 мкм по морфологии спектра и значениям параметров КР аналогичны углероду столбчатого и плитчатого графитов.

Анализ спектров КР показал значительно более высокую степень порядка в структуре данных морфотипов по сравнению с метаантрацитами. Полуширина полосы G с центром на 1586-1590 см⁻¹ варьирует от 27 до 29 см⁻¹, полуширина полосы D1 составляет 37-39 см⁻¹; D1/G=0,9-1,2; D2/G=0,10-0,20. Полоса 2D смещается в высокочастотную область (2703-2705 см⁻¹) и по интенсивности приближается к графитовой (2D/G=0,6-0,9), но не расщепляется, остается симметричной. По ряду спектральных характеристик углерод изученных образцов соответствует графиту. Однако, судя по отсутствию дублетов полосы 2D и наличию в спектрах слабых полос «дефектов» D3 и D4, финальная стадия процесса графитизации не была достигнута.

Аналогичный характер спектра с необычайно интенсивным симметричным пиком 2D был получен для двух образцов антрацитов после термообработки при T=2500°C [3]. Все образцы антрацитов серии, различающиеся по степени углефикации и зольности, были предварительно карбонизированы при T=1000°C. Причиной отсутствия трехмерного порядка в структуре двух образцов явилась, по мнению исследователей, или первичная природа угля, или низкое содержание элементов – катализаторов. Изученные нами образцы столбчатого и плитчатого графита также отличаются низкой зольностью. Однако, принимая во внимание тот факт, что полоса 2D расщепляется в спектрах углеродных частиц, которые слагают в образце каемчатые и нитевидные обособления, по-видимому, следует отдать предпочтение первому предположению.

Столбчатый графит состоит из однородной плотной тонкозернистой массы, среди которой в отраженном свете наблюдаются участки («окна») кристозернистого сложения с «теневыми» реликтами угольных микрокомпонентов. В образце плитчатого графита основная масса, обладающая признаками первичной микроструктуры, пронизана сетью микропрожилков, сложенных углеродными частицами микронного размера. Микрочастицы развиваются вокруг пор, по напластованию, по реликтам угольных мацералов, подчеркивая микроструктуру породы; присутствуют полусферические и сферические образования. Степень их кристалличности значительно варьирует: полуширина полосы G с центром на 1582-1589 см⁻¹ изменяется от 21 до 28 см⁻¹, полуширина полосы D1 составляет 40-43 см⁻¹; D1/G=0,65-0,90; D2/G=0,09-0,21. Полосы D3 и D4, присутствие которых связывают с наличием межслоевых дефектов в структуре, обычно отсутствуют или очень слабые. Форма пика 2D преимущественно асимметричная, что служит признаком трехмерного порядка.

В образце плитчатого графита по трещинам, секущим все вышеперечисленные образования, развивается мелкоочечуатый графит. Форма спектра и низкие значения спектральных параметров: R1=0,28 и D2/G=0,06 свидетельствуют об относительно высокой степени порядка в его структуре.

Автор благодарит В.И. Вялова и сотрудников музея ВСЕГЕИ за предоставленные материалы.

Литература:

1. Вялов В.И. Структурные особенности антрацитов, метаантрацитов и генетически связанных с ними графитов. // Химия твердого топлива. 1995. № 1. С. 15 - 24.
2. Вялов В.И. Метаантрациты и угольные графиты России. // Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья. // Обзор // АОЗТ «Геоинформмарк». М.: 1997. 58 с.
3. Rodrigues S., Suarez-Ruiz I., Marques M., et al. Microstructural evolution of high temperature treated anthracites of different rank. // Int. J. Coal Geol. 2011, 87. P. 204-211..
4. Sadezky A., Muckenhuber H., Grothe H., Niessner R., Poshl U. Raman microspectroscopy of soot and related carbonaceous materials: Spectral analysis and structural information // Carbon, 2005, No 43. P. 1731-1742.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Вахнин М.Г.

misha2006@gmail.com, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Север Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции считается одним из самых сложных, но и наиболее перспективных северных районов на территории Российской Федерации. Изучение данной территории значительно затрудняет её довольно сложное геологическое строение. Здесь прослеживаются крупные тектонические элементы первого и второго порядков (впадины, мегавалы, прогибы и др.), которые резко отличаются друг от друга стратиграфической полнотой, мощностью отложений, различными литолого-фациальными особенностями в пределах разновозрастных осадочных комплексов.

Внутри каждого крупного тектонического элемента необходимо выявлять по полученным данным закономерности изменения каждого из выделяющихся в разрезе осадочных образований нефтегазоносного комплекса и каждого из приуроченных к ним продуктивных горизонтов. Также нужно учитывать особенности формирования осадочных пород. Нефтегазоносные пласты характеризуются значительной глубиной залегания и приурочены либо к различным нефтегазоносным, начиная от триасовых и заканчивая силурийским отложениям. Наряду с этим при бурении скважин глубиной свыше трех тысяч метров существует возможность проявления практически всех возможных осложнений.

Природные ресурсы Севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в настоящее время осваиваются ускоренными темпами. Здесь ведется разработка целого ряда нефтяных месторождений, таких как Усинское, Возейское и другие. Эти месторождения отличаются высоким содержанием попутного газа. Имеющиеся особенности газовых и нефтяных месторождений на данной территории требуют комплексного использования нефти и газа.

На Севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции формирование месторождений нефти и газа обусловлено как структурным, так и стратиграфическим фактором. В этом районе значительными являются перспективы выявления газоконденсатных месторождений, особенно в каменноугольно-нижнепермских отложениях, в карбонатных породах турнейского яруса и в отложениях верхнего девона. Также существует большая вероятность открытия залежей нефти в палеозойских и пермотриасовых отложениях.

Поиски и разведка нефти и газа в этом районе проводятся на перспективных структурах, расположенных в пределах Колвинского и Печоро-Колвинского мегавалов, в Ижма-Печорской, Денисовской и Хорейверской впадине.

Одной из наиболее крупных перспективных нефтегазоносных областей на севере Тимано-Печорской провинции является Хорейверская впадина, которая находится в северной части ТПП. На территории впадины открыта значительная часть месторождений, некоторые из которых попадают в терригенные и карбонатные породы нижнего, среднего и верхнего ордовика, нижнего и верхнего силура и нижнего девона. В данном районе наиболее крупные залежи расположены в Сандивей-Баганской группе месторождений (залежи в силуре, верхнем девоне, пермо-карбоне); и на северо-востоке НГО. Это месторождения им.Требса и им.Титова. Здесь основные залежи расположены в карбонатах нижнего девона на глубине от 4000 до 4200 м. В центральной части Хорейверской НГО выявлены Дюсусhevское, Ардалинское, Западно- и Северно-Хоседаюское и др. месторождения. Многие отложения перекрыты с крупным стратиграфическим несогласием терригенно-карбонатными отложениями франского яруса верхнего девона. Мощности данных комплексов изменяются от 450 м в центральной части Большеземельского свода (Сандивейское и другие поднятия) до 2000 м в на его склонах, и увеличиваются в сторону Печоро-Колвинского авлакогена и Варандей-Адзвйнской структурной зоны.

Одной из крупных и площадей на севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции является Варандей-Адзвйнская структурная зона. От соседней Хорейверской

впадины она отделена системой кулисообразно расположенных разломов с амплитудами до 1 км.

Крупной пологой отрицательной структурой Севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции является Денисовская впадина, которая выделяется по отложениям мезозоя и лишь частично палеозоя и поэтому ее можно считать наложенной. В центральной части впадины верхнедевонские отложения формируют значительное погребенное Лайское поднятие. Южная часть впадины наиболее погруженная и менее дислоцированная. При этом северная часть (Лайская впадина) обладает значительно более сложным внутренним строением, в котором имеется ряд валов и прогибов северо-западного простирания. Из них можно выделить два крупных протяженных (до 150-250 км) и высоко амплитудных (300-700 м) вала - Шапкино-Юрьяхинский и Лайский. К асимметричным складкам этих валов приурочены многие залежи газа и нефти, открытые в северной части Тимано-Печорской провинции (Лаявожское, Верхнегубешорское, Шапкинское, Василковское и др.).

В пределах исследуемой территории значительную площадь также занимает Печороморская впадина (погребенный выступ), которая представляет собой смещенное на запад вдоль береговых сбросо-сдвигов морское продолжение Печорской плиты. Южным ограничением впадины служит серия левых сбросо-сдвигов с суммарной горизонтальной амплитудой 70-100 км. Эта серия прерывисто прослеживается на запад от района Хайпудырской губы, южнее острова Колгуев, в направлении Канинской гряды.

Еще одной структурой на севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции является Медынский вал. Амплитуды нарушений, которые его обрамляют, достигают несколько сотен метров. Амплитуды протягиваются под воды Печорского моря, где его продолжение фиксируется на несколько десятков километров в виде ограниченной разломами структурной зоны. Поперечными разломами вал разбит на ряд блоков. В отличие от других поднятий Печорской синеклизы, шарнир Медынского вала в акватории Печорского моря воздымается к северу, и здесь амплитуды локальных поднятий могут достигать 300-400 м и более.

Литература

1. Вахнин М.Г., Чупров В.С. Характер распределения и нефтегазоносность локальных структур на территории Хорейверской впадины // Вестник Ин-та геологии Коми НЦУрО РАН. 2012. № 8. С. 10-13.
2. Тектоническая карта Печорской плиты // В.А. Дедеев, В.В. Юдин, В.И. Богацкий, Л.Н. Беляков и др. Сыктывкар, 1985. 12 с. (Серия препринтов «Научные доклады» Коми фил. АН СССР; Вып. 142).
3. Чупров В. С. Перспективы нефтегазоносности неантиклинальных ловушек севера Тимано-Печорской провинции // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 2. С. 5-6.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ В ПЕСЧАНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ТУЛЬСКОГО ГОРИЗОНТА ПРИМОРСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Габделвалиева Р.Р., Низамиев Н.И., Петрова И.А., Королёв Э.А.
g.hanipova@mail.ru, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

Приморское нефтяное месторождение расположено на территории Ульяновской области недалеко от г. Димитровград. В тектоническом плане оно приурочено к западному борту Мелекесской впадине [1]. Нефтяные залежи локализованы в пределах небольшого по площади куполовидного поднятия, которое прослеживается в вертикальном разрезе начиная со среднего девона и заканчивая отложениями верхней перми. Нефтеносными являются известняки турнейского яруса, тульского горизонта, карбонатные комплексы башкирского яруса и верейского горизонта. Разработка нефтеносных этажей идет снизу вверх. В настоящее время осваиваются терригенные отложения тульского возраста.

Изучение кернового материала показало, что наиболее перспективным для разработки является песчаный пласт, залегающий в интервале глубин 1487,0-1496,2 м. В пределах этого интервала весь песчаник полностью пропитан нефтью, которая придает ему однородную темно-коричневую окраску. Лишь в подошве песчаного пласта равномерная нефтенасыщенность сменяется пятнисто-полосчатой. Сопоставление продуктивного интервала с данными стандартного каротажа показало, что песчаный пласт характеризуется неоднородными петрофизическими свойствами. В верхней части (ин. 1487,0-1489,5 м) он более разуплотненный, менее глинистый, обладает высоким электрическим сопротивлением. Ниже (ин. 1489,5-1495,0 м) плотность песчаного пласта резко увеличивается, а электрическое сопротивление уменьшается. В подошве песчаника (ин. 1495,0-1496,2 м) отмечается повышение глинистости и дальнейшее снижение электрического сопротивления.

Таким образом, кривые стандартного каротажа показывают, что, несмотря на равномерную нефтенасыщенность значительного интервала пласта песчаника по керну (1487,0-1495,0 м), продуктивную часть составляет только его кровля в интервале глубин 1487,0-1489,5 м.

Изучение физико-механических свойств нефтеносного интервала песчаника также подтвердило неоднородность сложения пласта по разрезу. В верхней, прикровельной, части песчаник более пористый, менее плотный и прочный к механическим воздействиям. Ниже, начиная с глубины 1489,5 м, пористость уменьшается, а плотность и прочность увеличиваются. Одновременно меняется состав нефти в залежи. Если в интервале 1487,0-1490,0 м в составе остаточной нефти преобладают легкие и средние фракции углеводородов, то ниже – уже только средние и тяжелые компоненты.

Оптико-микроскопические исследования пород показали, что песчаные коллекторы в верхней части нефтяной залежи представлены практически чистыми кварцевыми песчаниками. Аллотигенная часть на 99% состоит из полуокатанных зерен кварца средним размером 0,1-0,25 мм. В качестве примесей отмечаются деформированные чешуйки мусковита и обломки кремнистых пород. Обломки минералов плотно упакованы в объеме породы, между ними преобладают конформные, выпукло-вогнутые контакты взаимного приспособления. Зерна сцементированы преимущественно кремнеземистым цементом, лишь участками отмечается карбонатная цементация. Относительная доля цемента составляет 10% объема площади шлифа породы. Кремнеземистый цемент по составу кварцевый, контактово-регенерационного типа, карбонатный – по составу кальцитовый, порово-сгусткового типа. Последний образует редкие стяжения размером до 0,25 мм, развивающиеся в поровом пространстве породы. Песчаник содержит 10-15% пор. Поры межзерновые, сообщающиеся, размером до 0,1 мм, выполнены углеводородами.

Песчаные коллекторы в нижней части нефтяной залежи отличаются от выше описанных более интенсивным развитием вторичной кальцитизации в поровом пространстве. Фактически большая часть пор выполнена кальцитовым цементом базально-

порового типа, который по большей части одновременно является цементом выполнения. Несмотря на равномерную нефтенасыщенность песчаников, их пористость относительно небольшая 6-8%. Поры извилистые, с размером каналов до 0,05 мм.

Таким образом, конфигурация кривых стандартного каротажа в совокупности с литолого-петрофизическими особенностями строения нефтеносного пласта песчаника указывают, что в интервале глубин 1487,0-1496,2 м локализована гидродинамически обособленная нефтяная залежь пластово-сводового типа. В кровле пласта-коллектора размещены подвижные углеводороды, которые снизу подпираются подошвенными водами. Мощность продуктивной толщи 2,5 м. Водонефтяной контакт (ВНК) проходит на отметке 1489,5 м. В пределах ВНК выделяются две подзоны – битуминозная и водоносная [2, 3, 4, 5]. Битуминозная подзона нефтяной залежи отличается пониженным сопротивлением на кривых электрокаротажа и преобладанием в составе нефти средних и тяжелых углеводородов. Водоносная подзона практически не содержит углеводородов, флюид представлен минерализованным раствором, поровое пространство песчаников залечено кальцитом.

Литература

1. Боровиков И.С. Пермский комплекс как новый перспективный объект нефтегазоносности Ульяновской области / И.С. Боровиков // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. – Т.11. – №3. – 20 с. http://www.ngtp.ru/rub/4/29_2016.pdf
2. Кольчугин А.Н., Королёв Э.А., Морозов В.П. Особенности строения зон водонефтяных контактов в карбонатных породах башкирского яруса // Нефтяное хозяйство. – 2015. – №9. – С. 44-47.
3. Морозов В.П. Минералого-литологические критерии выделения зон современных и древних водонефтяных контактов в связи с формированием нефтяных залежей в известняках турнейского яруса Волго-Уральской антеклизы / В.П. Морозов, Э.А. Королёв, А.Н. Кольчугин // Геология, геофизики и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2006. – №9. – С.31-38.
4. Недоливко Н.М. Эволюция пустотно-порового пространства в зонах водонефтяных контактов // Геология нефти и газа. – 2010. – Т. 316. – №1. – С. 99-107.
5. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей / Р.С. Сахибгареев. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ЗСНГМП

Гайсина Л.Г., Высоцкий В.И.

lggaysina@zgeo.org, vlad.vysotsky@vzgr.ru, ОАО "ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ", г. Москва, Россия

На территории Российской Федерации к нетрадиционным источникам углеводородного сырья чаще всего относят сланцевые нефть и газ, освоение потенциала которых находится на начальной стадии. Впервые термин трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ) появился в 70-х гг. прошлого столетия. Под ними подразумевали запасы, «разработка которых традиционными технологиями не обеспечивает необходимой эффективности с точки зрения коэффициента извлечения нефти, а в некоторых случаях – также с позиций стоимости добычи нефти». В настоящее время общепринято, что «к ТРИЗ относятся запасы залежей (месторождений, объектов разработки) или частей залежи, отличающиеся сравнительно неблагоприятными для извлечения геологическими условиями залегания нефти и (или) физическими ее свойствами, разработка которых существующими технологиями в условиях действующей налоговой системы экономически неэффективна». [1]

Наряду с доминиковой свитой Волго-Уральской и Тимано-Печорской провинций, куонамской свитой Восточной Сибири, кумской и хадумской свит Предкавказья, к нефтегазосланцевым формациям России относится и баженовская свита Западно-Сибирской нефтегазоносной мегапровинции (ЗСНГМП). Возраст кровли ее изменяется от берриаса до валанжин-готерива раннего мела, возраст подошвы – позднюрский. Отложения залегают на глубинах 2400-3100 м, их мощность меняется от 10-12 до 35-40 м. Породы имеют микрослоистый облик и представлены четырьмя породообразующими компонентами: глинистыми минералами (гидросланца и в незначительных количествах - хлорит и каолинит) – 5-68%; минералами кремнезема (халцедон, опал, кварц) – 25-40%; твердым органическим веществом сапропелевого типа (кероген) – 10-15%; карбонатными минералами (кальцит, доломит, редко - сидерит, следы анкерита) – 1-60%. Открытая пористость отложений изменяется от 2 до 14%, составляя в среднем 8%. Наиболее характерная особенность баженовской свиты – очень высокое содержание сапропелевого ОБ (в диапазоне 5-22%) и высокая битуминозность пород в центральных районах Западной Сибири. В окраинных и северных районах высокобитуминозные породы замещаются сероцветными породами (при содержании Сор_г менее 5%). Катагенетическая характеристика ОБ в составе свиты относительно выдержаны для южных и центральных районов плиты и соответствуют стадиям МК1-2, отвечающим Главной зоне нефтеобразования. К северу от Обской губы катагенез ОБ возрастает до стадий МК4-5, что отвечает главной зоне газообразования.

Таким образом, баженовская свита представляет собой битуминозную низкопоровую, преимущественно слабопроницаемую толщу, внутри которой на разных уровнях развиты прерывистые слои и линзы нефте- и газонасыщенных пород с повышенными коллекторскими характеристиками, иногда гидродинамически связанные между собой. [2]

Исследования нефте- и газоматеринских толщ в объеме осадочного чехла юрско-мелового возраста Западно-Сибирской мегапровинции проводятся более 50 лет, и, по общему признанию наиболее характерной толщей является баженовская свита (БС) волжского яруса верхней юры, распространенная на площади более 1 млн км². После первых открытий, получения первых притоков из горизонта Ю₀ за более чем сорокалетний период с 1971 по 2014 гг. опубликовано не менее 500 статей и монографий, посвященных БС, защищены десятки диссертаций, в том числе докторских. [3]

Баженовские отложения, отнесенные ФЗ от 23.07.2013 №213-ФЗ к залежам с трудно извлекаемыми запасами (ТРИЗ) нефти, стратиграфически включают в себя несколько свит, составляющих по латерали единое тело: собственно баженовскую, тутлеймскую, мулымьинскую и георгиевскую + васюганскую. Введение налоговых льгот при разработке залежей ТРИЗ дает дополнительный стимул к их освоению.

Однако, как показывает небольшой опыт при разработке ТриЗ залежей баженовских отложений, для получения экономически рентабельных дебитов скважин необходимо не только применение новейших технологий добычи, бурения и строительства скважин, но и на сегодняшний день имеются значительные трудности при оценке запасов баженовских отложений, которые обусловлены низкой степенью геологической изученности, выбором и обоснованностью модели резервуара, и отсутствием точных значений подсчетных геологических параметров. В настоящее время при оперативной оценке ресурсов нефти баженовских отложений подсчетные параметры принимаются по следующим критериям: если отложения испытаны и получен приток нефти, то эффективная нефтенасыщенная толщина принимается как 1/3 от общей (без обоснования, только по согласованию между недропользователями, экспертами-геологами и представителями государства); значения подсчетных параметров баженовских отложений, вышеуказанных месторождений, находятся в следующих диапазонах: коэффициенты нефтенасыщенности 0,46-0,876 д.е.; коэффициенты пористости 7-21%; площади залежей 455-273460 м²; нефтенасыщенные толщины 0,9-9,17 м. Как свидетельствует статистический анализ значений подсчетных параметров, не получены одновершинные распределения ни по одному параметру. Следовательно, пока нельзя принимать для баженовских отложений статистически оцененные средние значения подсчетных параметров. Требуется дальнейшие исследования. [4]

В первую очередь считается, что это связано с отсутствием единой модели формирования залежей баженовских отложений. Авторы одного из предположений формирования модели таких залежей связывают с тектоническими процессами (с тектонической трещиноватостью). Поэтому возникающие в этом случае коллекторы, относят к трещинному типу. [5]

Освоение залежей нефти баженовских отложений неизбежно связано с высоким спросом на энергоносители, ограниченностью традиционной ресурсной базой и достижениями современного технологического прогресса. Однако, отсутствие единой модели формирования отложений, недостаточность исследований подсчетных параметров не дают возможности корректно оценить ресурсы открытых нефтяных залежей баженовских отложений (пласты ЮС₀, ЮВ₀¹, ЮВ₀, ЮС₀^K, ЮС₀^{K1}, ЮС₀^{K2}, ЮС₀¹⁻², ЮС₀²) объемным методом с применением исследований статистического аппарата. [6]

Литература

1. Трудноизвлекаемые запасы (ТриЗ). Определение и классификации – М.: ФБУ «ГКЗ», 2017 г.
2. Высоцкий В.И. (отв. исполнитель). Отчет о результатах работ по объекту № 15.3-06/13. Анализ геологоразведочных работ на сланцевые углеводороды в зарубежных странах с целью использования его результатов при поисках и разведки нетрадиционных источников нефти и газа на территории Российской Федерации. – М.: ОАО «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ», ноябрь 2015 г.
3. Гулев В.Л., Гафаров Н.А., Высоцкий В.И., Журило А.А., Истомин В.А., Карнаузов С.М., Скоробогатов В.А. Нетрадиционные ресурсы газа и нефти. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2014. – 284 с.
4. Курамшин Р.М., Гайсина Л.Г. Статистический анализ геологических параметров для оценки ресурсов нефти в нетрадиционных залежах Западной Сибири. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, XXI Губкинские чтения, 2016 г.
5. Зубков М.Ю. Коллекторы в бажено-абалакском комплексе Западной Сибири и способы их прогноза. М.- «Геология нефти и газа», №5/2014г, 58-71.
6. Курамшин Р.М., Гайсина Л.Г. Эвристический анализ основных геологических параметров для подсчета запасов нефти. М. – «Экологический вестник России», №3/2014г, 26-31.

ПРОГНОЗ САМОВОЗГОРАЕМОСТИ УГЛЕЙ ПОЛЯ ШАХТЫ
«БЕЛЬЦЕВСКАЯ» ПОДМОСКОВНОГО БАСЕЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ
МЕТОДА МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ЭТАЛОННЫМ
ТОЧКАМ

Голынская Ф.А.¹, Барабошкина Т.А.²

¹golynskaya@vandex.ru, Национальный исследовательский технический университет
«МИСиС», г. Москва, Россия

²kisaolga@mail.ru, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г.
Москва, Россия

В период активной разработки угольных месторождений Подмосквовный буроугольный бассейн занимал лидирующее положение по числу подземных пожаров от самовозгорания углей. На их долю в разные годы приходилось от 40 до 50% [1].

На основании детального изучения геологического строения, угленосности и качества углей, в том числе в очагах самовозгорания, были установлены наиболее действенные геологические факторы самовозгорания углей и их параметры (табл. 1).

Задача исследований состояла в том, чтобы, используя данные об угольном пласте, полученные на стадии геологоразведочных работ, составить прогноз самовозгорания углей в Подмосквовном бассейне. Ранжирование исследуемых углей по степени опасности их самовозгорания и определение этой степени в каждой точке наблюдения (скважине) осуществлялось на основании данных о самовозгорании углей. С этой целью была применена методика прогноза, в основе которой лежит «новая оригинальная методика, в основе которой лежит *ранговая модель* данных и идея, состоящая в классификации этих данных по «*близости*» к *эталонным группам наблюдений*» [2]. Методика была применена для углей рабочего угольного пласта II поля шахты «Бельцевская». В результате изучения геологического строения исследуемого пласта, физико-химических исследований и анализа статистических данных о самовозгорании углей установлены геологические факторы самовозгорания углей, определена степень опасности углей по самовозгоранию: 1) высокая; 2) средняя; 3) низкая; установлены граничные значения параметров геологических факторов разной степени опасности самовозгорания (табл. 1). Переход от исходных данных угольного пласта к ранговой шкале осуществлялся с использованием нормативов (граничных значений) уровней опасности самовозгорания углей. Отсутствующие параметры в ранговой шкале заменяются нулями. Параметрам в преобразованной ранговой таблице присваиваются веса (коэффициенты) тем более высокие, чем больше их значимость для повышения степени опасности самовозгорания углей. Точки многомерного пространства рангов классифицируются по близости (минимуму расстояния) к трем эталонным *точкам-концентраторам*, являющихся центрами тяжести эталонных групп, составленных из высокой, средней и низкой степени опасности наборов рангов. Все необходимые преобразования исходных данных и вычисления производились автоматически программой (макросом) на языке Visual Basic для Excel [3, с. 128].

В результате проведенных расчетов в каждой точке наблюдений (скважине) в пределах поля шахты «Бельковская» установлена степень опасности самовозгорания углей. Полученные данные были использованы при построении карты прогноза самовозгорания углей исследуемого шахтного поля (рис. 1). С этой целью была применена программа ArcMap 10.2 из семейства геоинформационных программ ArcGIS. В программе были размещены данные о расположении скважин и степени опасности самовозгорания углей в формате AutoCad (dxf) [3, с. 133].

Из карты прогноза видно, что 57 % исследуемого угольного пласта содержит угли с высокой степенью опасности самовозгорания, 24 % – средней степени, 19 % - низкой.

Таким образом, установлено, что II основной рабочий угольный пласт поля шахты «Бельцевская» Подмосквовного бассейна является в значительной степени опасным по

Таблица 1

Таблица рангов по степени опасности самовозгорания углей II основного рабочего пласта поля шахты «Бельцевская» Подмосковского бассейна

ВЕСА	6	5	4	6	6	6	6	4	5	6	5	4	5	УРОВЕНЬ ОПАСНОСТИ САМОВОЗ- ГОРАНИЯ УГЛЕЙ
НИЖНЯЯ ГРАНИЦА	1,0	60,0	2	20,0	2,0	0,01	10,0	20,0	5,0	1,5	8,0	20,0	15,0	
ВЕРХНЯЯ ГРАНИЦА	2,0	100,0	3	30,0	4,0	0,03	15,0	10,0	8,0	2,5	30,0	40,0	25,0	
МАСШТАБЫ	МОЩНОСТЬ, М	ГЛУБИНА ЗАЛЕГАНИЯ УГЛЬНОГО ПЛАСТА, М	СТРОЕНИЕ (КОЛ-ВО УГЛЬНЫХ ПАЧЕК)	УГОЛ НАКЛОНА, ГРАД	ТЕКТОНИЧЕСКАЯ НАРУШЕННОСТЬ КМ/КМ ²	КАРСТОВАЯ НАРУШЕННОСТЬ, дл	ВЛАЖНОСТЬ, W ^h , %	A ^d , %	СН ₂ , %	S ^h , %	V ^{max} , %	V1%,	I, %	
102309	2,1	104,5	3	0	0	0,01	15,24	26,4	0	3,6	46,2	16,3	13,4	СРЕДНИЙ
102310	1,4	90,4	2	0	0	0,005	22,64	41,4	0	2,8	50,7	15,4	13,0	СРЕДНИЙ
102312	0,0	97,1	2	0	0	0,24	25,95	38,7	0	3,0	50,2	16,4	10,4	СРЕДНИЙ
102312	1,2	106,6	4	0	0	0,06	15,94	36,4	0	2,9	52,0	13,8	1,9	ВЫСОКИЙ
102354	1,6	99,1	1	0	0	0,03	13,14	28,8	0	1,6	47,9	19,2	9,6	СРЕДНИЙ

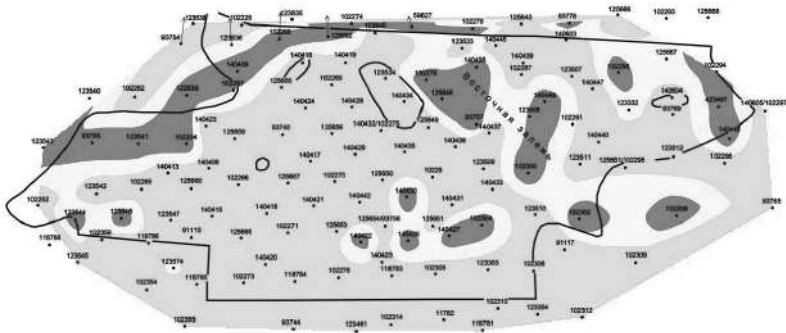


Рис. 1. Карта прогноза самовозгорания углей II основного рабочего пласта поля шахты «Бельцевская» Подмосковского бассейна. Степень опасности самовозгорания углей:

■ – высокая; ■ – средняя; □ – низкая.

самовозгоранию, что обусловлено увеличенной мощностью пласта, низкой степенью метаморфизма, высокой сернистостью и карстонарушенностью, повышенным содержанием микрокомпонентов группы инертинита.

Библиографический список

1. Барабошкина Т. А., Соболева А. Н., Голынская Ф. А. Эколого-геохимические особенности Подмосковского угольного бассейна // Экология и промышленность России. – Июнь, 2012. – С. 56-59.
2. Голынская Ф.А. Характеристика наиболее действенных факторов самовозгорания углей в пластах // Горный бюллетень, 2011. - № 2. – С.19-23.
3. Смирнова О. С., Голынская Ф. А. Статистические методы в прогнозировании самовозгорания углей // Горный бюллетень, 2016. – № 3. – С. 127–133.

ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ГЕОТЕКТЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ САМОВОЗГораЮЩИХСЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Голынская Ф.А.

golynskaya@vandex.ru, Национальный исследовательский технический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

Была поставлена задача аналитического исследования геотектонических условий формирования самовозгорающихся углей. Для этой цели был использован метод сопоставления геотектонических условий формирования самовозгорающихся пластов в угольных бассейнах различных тектонических типов, слагающихся углями различной степени углефикации.

Было показано, что палеогеографической обстановке формирования углей, склонных к самовозгоранию, присущ ряд особенностей, отличных от условий формирования углей, не склонных к самовозгоранию. Так, на предрасположенность угольных пластов к самовозгоранию существенное влияние оказывает палеофациальная обстановка углеобразования, которая, в первую очередь, обуславливает физико-химические свойства самовозгорающихся углей. Установлено, что угли, прототипом которых служили умеренно обводненные торфяники с солоноватоводной средой накопления, граничащие с областью денудации, сложенной меланократовыми породами, более опасны в отношении самовозгорания, чем угли, прототипом которых служили торфяники обводненные, с близким характером минерализации среды, не обедненные ионами. Угли, генетически связанные с пресноводными, весьма обводненными торфяниками, являются неопасными в отношении их самовозгорания. Однако в углях, генетически связанных с пресноводными, но слабо обводненными торфяниками, проявляется другой фактор самовозгорания – «микрокомпонентный состав», и угли переходят в категорию самовозгорающихся. Эти выводы были сделаны на основании изучения фациальной обстановки формирования исходного материала донецких, печорских, кузнецких и других углей. При этом замечено, что характер аутигенной минерализации, в первую очередь, дисульфидной, и соотношение и состав органических микрокомпонентов отражают и предрасположенность исследуемых углей к самовозгоранию.

Для доказательств этого утверждения рассматривались Подмосковский бассейн, относящийся по генетической классификации к угленосной формации платформ, Челябинский – относящийся к угленосной формации молодых платформ, Кузнецкий, Донецкий и Печорский бассейны, относящиеся к геосинклинальной группе [2, с. 205].

Изучение этого материала позволило сделать выводы о том, что различие в палеогеографических и геотектонических условиях формирования угленосных отложений обуславливает различие комплекса геологических факторов, вызывающих самовозгорание в естественных условиях, и определяет вероятность образования самовозгорающихся углей.

Так, при исследовании углей Подмосковского и Челябинского бассейнов, по статистическим данным отличающихся высокой степенью склонности к самовозгоранию, было показано, что образование одних в пределах древних платформ, а других – в пределах молодых платформ, – определяет различие в комплексе геологических факторов и степени их действенности. Например, в Подмосковном бассейне степень углефикации ниже, чем в Челябинском: у первого – угли марки 2Б, то есть активность к окислению и самовозгоранию высока, у второго – 3Б (переходные к каменным), то есть активность к окислению ниже, чем у подмосковных углей, при этом по геологическому возрасту челябинские угли являются более молодыми. Этот факт объясняется тем, что в Подмосковном бассейне с нижнекаменноугольного времени происходило устойчивое поднятие южного крыла Московской синеклизы, что привело к мощной трансгрессии моря и постформационным размытым перекрывающим угленосные отложения осадков. В Челябинском же бассейне образование угленосной формации связано с развитием крупного грабена, который

испытывал устойчивые нисходящие движения, на которые в постформационный период наложились процессы складкообразования и разрывные нарушения [1; 2, с. 187]. В Подмосковном бассейне нарушенность угольных пластов связана с карстовыми нарушениями, поэтому имеет локальное распространение и сравнительно небольшие амплитуды смещения угольного пласта. Изложенное позволяет сделать вывод, что в Челябинском бассейне фактор тектонической нарушенности является более действенным, чем фактор карстонарушенности в Подмосковном бассейне.

Библиографический список

1. Голынская Ф.А. Влияние тектонической нарушенности угольного пласта на самовозгорание каменных углей // Горный бюллетень, 2017. - № 10. – С.34-37.
2. Угольная база России. Т. I-II / Под ред. В. Ф. Череповского – М.: ООО «Геоинформмарк», 2004.

НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ
СЛОЖНОПОСТРОЕННОГО ПРИРОДНОГО РЕЗЕРВУАРА КОЛГАНСКОЙ
ТЕРРИГЕННОЙ ТОЛЩИ ЦАРИЧАНСКОГО+ФИЛАТОВСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Гутман И.С.¹, Потемкин Г.Н.¹, Руднев С.А.¹, Сотникова Е.А.², Пашков А.В.³

¹mail@ipne.ru, ООО «ИПНЭ», МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

²ООО «ИПНЭ» г. Москва, Россия

³ООО «Газпромнефть-Оренбург», г. Оренбург, Россия

Изучаемое месторождение является одним из крупнейших в Оренбургской области. Месторождение открыто в 2005 году и в тектоническом плане приурочено к юго-западной части Восточно-Оренбургского сводового поднятия. Промышленная нефтеносность установлена в широком интервале разреза от нижнефранского подъяруса до турнейского яруса. Однако наиболее сложным и интересным представляется продуктивный горизонт, приуроченный к колганской толще верхнефранского подъяруса.

Изучаемая толща хорошо выделяется в разрезе на каротажных диаграммах по увеличению показаний нейтронного гамма каротажа. Продуктивная часть разреза залегает в нижней части толщи, и ее толщина меняется от 35 до 60 метров. Толщина песчаных пропластков варьирует от 0,2 до 7,0 м, присутствует частое переслаивание песчаников с глинистыми разностями.

Колганская толща сложена аргиллитами темно-серыми, трещиноватыми, алевролитами темно-серыми, песчаниками. Песчаники буровато- и коричневатого-серые, темно-коричневые до черных в результате нефтенасыщения, неравномерно известковистые до известковых, массивной и пятнисто-полосчатой текстуры из-за неравномерного нефтенасыщения, с прослоями песчаников светло-серых, серых, крепких, плотных.

По данным исследования керна отложения формировались в прибрежно-морской обстановке. По результатам литолого-петрографических исследований продуктивной части разреза выделяется до пяти литотипов: от отложений, представленных песчаниками тонко-мелкозернистого с редкими прослоями глинистого материала темно-серого до черного цвета, до линзовидного чередования аргиллитов, алевролитов и тонкозернистых алевролитовых песчаников, часто известковистых. Разделы представлены алевролитом глинистым, аргиллитом алевролитистым. Тип коллектора поровый. Покрышка пласта представлена аргиллитами с прослоями алевролитов.

Фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород коллекторов очень низкие. Среднее значение коэффициента пористости составляет 0,10, проницаемости – 1,3 мД, нефтенасыщенности – 0,74. Продуктивный разрез отличается высокой геологической неоднородностью как по разрезу, так и по площади. Коэффициент песчаности меняется от 0,05 до 0,73, в среднем составляет 0,31, количество пропластков коллектора меняется от 1 до 23, среднее значение коэффициента расчлененности составляет 12. Стоит отметить, что по скважинам наблюдается тенденция к сокращению толщин коллекторов и снижению ФЕС в северном направлении. Таким образом, на севере залежь ограничена обширной зоной отсутствия коллекторов.

В результате выполненной детальной корреляции разрезов всех скважин, а также по данным сейсморазведки 3D было установлено большое количество тектонических нарушений. Большая часть дизъюнктивных дислокаций имеет северо-западное и субширотное направление. Наиболее амплитудные разломы северо-западного простирания (порядка 50-60 м) ограничивают Казачий грабен, расположенный на западе площади. При этом тектонические нарушения позволяют выделить на залежи отдельные изолированные зоны. Тектоническая активность, сопровождавшая изучаемый разрез на протяжении всей геологической истории развития территории приводила к формированию зон активной вертикальной трещиноватости. Таким образом, установлено сложное геологическое строение

колганской толщи, связанное, в первую очередь, с активной тектонической деятельностью, сопровождавшей формирование изучаемого разреза в геологической истории.

Исследования керна указывают на то, что в рассматриваемом сложном низкопроницаемом коллекторе присутствует достаточно значительное количество изолированных пустот, которые в различной степени могут быть насыщены как нефтью, так и водой различной степени связанности. Доля связанной воды сильно зависит от доли глинистой составляющей и от минерального состава. Этот факт, наряду с изначально весьма плохими коллекторскими свойствами, в ряде случаев приводит к неоднозначным результатам испытаний и получением притоков воды.

Первые скважины, пробуренные на изучаемой площади долгое время не подтверждали нефтеносность колганской толщи ввиду отсутствия возможности получения промышленных притоков углеводородов из низкопроницаемых коллекторов. Однако с развитием технологии гидроразрыва пласта (ГРП) на изучаемом месторождении при испытании отдельных скважин в 2005 году была доказана нефтеносность данных отложений.

Вызов притока в скважинах месторождения в настоящее время осуществляется только с помощью ГРП, при этом после запуска объект характеризуется высоким темпом падения пластового давления, особенно в первоначальный период работы скважины. При проведении ГРП активно подключается в работу весь разрез, однако также отмечается распространение трещин как выше, так и ниже целевого пласта, что может приводить к получению воды при испытании и эксплуатации скважин из окружающих горизонтов.

Отсутствие влияния краевой и подошвенной воды также подтверждается и при эксплуатации объекта. В процессе разработки отмечается значительное снижение пластового давления, что свидетельствует об отсутствии компенсации за счет энергии водоносной области. Скважины, пробуренные на гипсометрически приподнятых участках, в ряде случаев при испытании и в начальный период эксплуатации работают с водой в отсутствие нагнетания в соседних скважинах.

Притоки воды при испытании и эксплуатации объясняются:

- а) связанной водой, основной объем которой может высвободиться при ГРП;
- б) поступлением воды по зонам вертикальной трещиноватости в скважины, находящиеся вблизи разломов;
- в) в начальный период после ГРП – технической водой;
- г) в процессе эксплуатации – поступлением воды, закачиваемой при поддержании пластового давления.

Таким образом, главной особенностью геологического строения продуктивной части колганской толщи является тот факт, что в пласте отсутствует вода в свободной форме, и, как следствие, залежь не контролируется ВНК. Исходя из вышеизложенного, основная залежь колганской толщи представляет собой единую литологически ограниченную и тектонически экранированную залежь с отсутствием водонефтяного контакта.

В результате выполненной работы создана новая геологическая модель продуктивной части колганской толщи, отличающаяся от более ранних представлений сложным внутренним строением, характеризующимся отсутствием в пласте свободной воды. Представленная модель требует существенно иного подхода к разработке столь сложнопостроенного геологического объекта – колганской толщи верхнефранского подъяруса.

Литература

1. Методические рекомендации к корреляции разрезов скважин / Под редакцией профессора Гутмана И.С. – М.: Издательский дом Недра», 2013 г.
2. Литофациальная модель нефтеносных отложений колганской толщи южной части Оренбургской области // материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет, 2017 г.

НЕФТЕННЫЕ И ГАЗОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШЕЛЬФА КОТ Д'ИВУАРА В ГРАВИТАЦИОННЫХ ПОЛЯХ

Диомане Мамаду, Эссо Ном Грас Соланж (Научный руководитель Абрамов В.Ю.)

diommadou89@gmail.com, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Кот-д'Ивуар, по длинному Республика Кот-д'Ивуар, является членом Африканского союза и находится в Западной Африке. Он занимает площадь 322 462 км² и ограничен на севере Мали и Буркина-Фасо, на западе - Либерией и Гвинеей, на востоке - Ганой, а на юге - Атлантическим океаном.

Территория Кот-д'Ивуара имеет четырехугольник, юг которого предлагает 520-километровый фронт на Атлантическом океане в западной части Гвинейского залива. Страна характеризуется низким уровнем рельефа. Большая часть земли состоит из равнин. Однако западная часть страны, горная область, имеет некоторый рельеф за пределами 1000 метров (гора Нимба поднимается до 1,752 м). Помимо этого региона, высота обычно колеблется от 100 до 500 метров, большая часть равнин составляет от 200 до 350 метров.

Осадочный бассейн Кот-д'Ивуара является пассивным запасом, расположенным в западной части Гвинейского залива. Создайте с благосклонностью открытия атлантического океана в нижнем мелу (106 миллионов лет) этот бассейн ограничен Северным путем превращением разломов Санкт Паул и центрального бассейна на юг.

Осадочный бассейн Кот-д'Ивуара имеет мелкий возраст, превосходящий четвертичный.

На карте гравитационных аномалий, построенной автором по данным, собранным во время учебных практик, гравитационные аномалии совмещены с контурами месторождений нефти и газа. Отчётливо видно что площади месторождений совпадают с областями распространения отрицательных гравитационной аномалии, имеющими линейную форму втянутую вдоль берега и вдоль направления трансформного регионального разлома .

Аномалии силы тяжести в этих полях составляют величину от – 10 до -30 мГ для нефтенных месторождения и от 0 до +20 для газовых месторождения. с исключением газового месторождения Gazelle, которое перечено к локальной облсти уважительной гравитационной аномалии с величиной -40 мГ.. Это говорит о том что месторождения нефти и газа находятся на местах редского изменения гравитационных аномалии

С учетом региональной геологии Кот-д'Ивуар считается больше рудной провинцией, чем нефтяной. Действительно, страна почти полностью занята рудоносными породами. Осадочные породы, способные генерировать нефть и держать ее, занимают слишком узкую прибрежную зону для того, чтобы определить достаточный резерв для привлечения иностранных компаний.

Основной проблемой считается политическая нестабильность, а также нападения на объекты транспортировки нефти. И из-за сложности добычи нефтяных ресурсов, все крупные месторождения в стране проводятся международными фирмами. несмотря на низкий уровень производства нефти и газа, Кот д'Ивуар сохраняет свою надежду на однажды быть экспортером нефти и газа, так как осадочный страны бассейн до сих пор остается очень мало изучен.

Этот климат дает возможность более мелким и средним предприятиям инвестировать без вмешательства со стороны крупных международных фирм. После первых исследований страна имела небольшой интерес для нефтяных организаций. Страна, которая до сих пор мало изучена, все же сохраняет шансы быть нефтеэкспортирующей.

Надо тоже отметить что месторождения Gazelle, Ibaix, Kudu, Eland и Foxtrot являются нефтегазовые месторождения.

Литературы

1- Michael E. Brownfield and Ronald R. Charpentier, **Geology and Total Petroleum Systems of the Gulf of Guinea Province of West Africa Geology**, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2006, стр: 2-16;

2- **Energy-pedia news** URL : <https://www.energy-pedia.com/news/cote-divoire/new-161991>

URL: <https://www.energy-pedia.com/news/cote-divoire/ophir-energy-spuds-ayam%C3%A9--1x-exploration-well--offshore-cote-d%E2%80%99ivoire-170581>

3- **Offshore energy today.com** URL: <http://www.offshoreenergytoday.com/ophir-enters-african-petroleums-ivory-coast-block>

URL: <http://www.offshoreenergytoday.com/pgs-starts-seismic-survey-offshore-cote-divoire/>

4- **Offshore technology.com** URL: <http://www.offshore-technology.com/projects/gazelle-field/gazelle-field3.html>

5- **IMRA** URL: <http://www.imra-group.com/about-us/major-projects/fpso-baobab-ivoirien-mv-10>

6- **Oil and Gas - Mergers and Acquisition Review** URL: <http://mergersandacquisitionreview.com.blogspot.ru/2011/05/cote-divoire-oil-and-gas-discoveries.html>

7- **trading economics** URL: <http://www.tradingeconomics.com/ivory-coast/crude-oil-production>

ПОСТРОЕНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НИЖНЕПЕРМСКОГО ПРИРОДНОГО РЕЗЕРВУАРА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРО-КОЛВИНСКОГО АВЛАКОГЕНА

Евдокимов Н. В.¹, Жемчугова Т.А.²

¹Nik.evdokimov@mail.ru, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

²ООО «Геофизические системы данных», г. Москва, Россия

Разработка седиментационной модели - неотъемлемая часть работы, направленной на реконструкцию условий формирования потенциальных коллекторов и покрышек с целью прогноза их распространения и свойств. Основа данного метода – изучение состава и текстурно-структурных особенностей отложений по каменному материалу, генетический анализ пород. Данные сведения, объединенные с результатами интерпретации ГИС и сейсморазведки, позволяют восстанавливать условия осадконакопления на обширных территориях, тем самым повышая дальнейшую точность геологических изысканий и поисково-разведочных работ.

Нижнепермские карбонатные отложения Колвинского мегавала, представленные преимущественно скелетными и микробиальными холмами и биогермами, накапливались в обстановках неоднократного изменения уровня моря и имеют различное строение, состав и возраст. Их отложение происходило в эпоху активизации подвижек эпибайкальской плиты, что обусловило значительную тектоническую неоднородность изучаемого района. Северная часть Печоро-Колвинского авлакогена была вовлечена в активное погружение, что послужило причиной накопления значительных толщ относительно глубоководных глинисто-карбонатных илов [4]. В то же время на отмелях, в благоприятных обстановках, происходил рост органогенных построек. Активная тектоническая обстановка, а так же изменения относительного уровня моря приводили к частому осушению и затоплению, что в итоге создало крайне невыдержанные по площади, мощности и свойствам толщи карбонатных отложений.

Самые древние из построек рассматриваемого стратиграфического интервала относятся к началу ассельского века, в то время как основная масса была сформирована во второй половине асселя [3]. Наибольшие мощности наблюдаются в областях, втянутых в устойчивое прогибание, что обеспечивало необходимый прирост пространства аккумуляции. Однако, зачастую, быстрый рост построек приводил к их ускоренному выводу в зону волнового воздействия и отмиранию. Эти локально развитые и непостоянные во времени события стали основной причиной сложной обстановки седиментации рассматриваемых отложений.

Карбонаты сакмарского возраста, залегающие над ассельскими, характеризуются гораздо более выдержанным распространением, но значительно меньшими мощностями и повышенным содержанием глинистого материала. Причиной этому послужила масштабная трансгрессия в начале сакмарского века и, соответственно, увеличение глубины бассейна, спровоцировавшее формирование обстановок, не благоприятных для развития многих существовавших тогда видов рифостроителей [1]. Повышенное содержание глинистого материала сакмарские карбонаты менее перспективными с точки зрения потенциальных коллекторов для углеводородов [2].

Исследуемые постройки нижнепермского возраста достаточно контрастно отображаются на каротажных кривых и, зачастую, могут быть выделены на картине сейсмической записи, что позволяет использовать эти данные для диагностики событий даже при отсутствии кернового материала. Исключением являются сакмарские малоамплитудные карбонатные холмы, для выделения которых на данных сейсморазведки необходима особо тщательная интерпретация и наличие актуальной седиментационной модели.

Цель данной работы - восстановить обстановки осадконакопления нижнепермских отложений Колвинского мегавала и применить полученные сведения для дальнейшего прогноза распространения пород-коллекторов и их свойств на территории исследования.

К настоящему моменту по обозначенной теме авторами исследования проведена интерпретация данных ГИС, переинтерпретация данных сейсморазведки, а так же изучение кернового материала. Произведено детальное макроскопическое описание образцов кернового материала и микроскопические исследования петрографических шлифов. Полученные данные о генетических, литологических и текстурно-структурных особенностях кернового материала соотнесены с имеющимися в распоряжении каротажными кривыми.

В ходе работы с каменным материалом были выявлены несколько основных типов карбонатных построек, сформированных различными организмами: микробные и водорослевые холмы, а так же палеоаплезиновые постройки. В толще нижнепермских отложений выделены семь циклитов (P_1^1 - P_1^7). Большая часть циклитов имеет в основании водорослево-фораминиферовые известняки. Исключением являются циклиты P_1^1 и P_1^7 , в основании которых находятся биогермные палеоаплезиновые разности с прослоями биокластических разностей. Выше по разрезу начинают преобладать зернистые водорослевые, затем криноидно-мшанковые известняки. По мере приближения к поверхности максимального затопления начинает уменьшаться доля зернистого материала и увеличиваться илово-биокластическая составляющая. Поверхность максимального затопления выражена прослоем темноцветных известковых глин, над которой в большинстве случаев снова залегают водорослевые образования. Данная последовательность характерна для большинства выделенных циклитов. Исключением является циклит P_1^5 , основная часть которого сложена не илово-детритовым материалом, а водорослево-фораминиферовым известняком.

Все выделенные циклиты близки по мощности, несмотря на различные мощности слагающих их седиментационных систем, что делает их хорошо сопоставимыми по площади. Данный факт свидетельствует о «седиментационной компенсации», происшедшей в конце каждого цикла осадконакопления.

В результате проведенной работы была построена предварительная локальная седиментационная модель, захватывающая одну из частей Печоро-Колвинского авлакогена, дающая общее представление об обстановках накопления нижнепермских отложений района исследования и возможности прогноза их свойств. Так же подготовлена привязка керна к ГИС и сейсмическим профилям, что послужит основой для дальнейшего увеличения площади исследования. В ближайшее время запланировано уточнение построенной модели, расширение площади ее применения и дополнение модели результатами исследований фактического материала.

Список литературы

1. Богацкий В.И., Жемчугова В.А. Система рифогенных образований Тимано-Печорской провинции и их нефтегазоносность. Наследие А.Я. Кремса в трудах ухтинских геологов. Ухта. 1992.
2. Бурлин Ю.К. Природные резервуары нефти и газа. М.: изд-во Московского университета, 1976.
3. Жемчугова В.А. Природные резервуары в карбонатных формациях Печорского нефтегазоносного бассейна. М. Издательство Московского государственного горного университета, 2002.
4. Жемчугова В.А., Федотов С.Л. Прогнозирование природных резервуаров в разрезе верхнекаменноугольно-нижнепермской карбонатной толщи Тимано-Печорской провинции. Геология горючих ископаемых европейского севера России. Сыктывкар, 1998. С. 57-68.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРОЕНИЕ КАЗАНСКО-ТАТАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕПЕЧОРСКОЙ ВПАДИНЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Ершов А.В.

AErshov@ipng.ru, ИПНГ РАН, г. Москва, Россия

Разведанность нефтегазовых комплексов в платформенной части Тимано-Печорской провинции высокая, но не равномерная. При этом основным направлением поисков являлись отложения ниже кровли карбонатной нижней перми. Для дальнейшего прироста запасов нефти и газа необходимы новые направления поисков в ранее не вовлеченных районах или в старых районах с имеющийся инфраструктурой[1].

К этим направлениям работ можно отнести терригенный верхнепермский комплекс отложений, который во впадинах Предуральского прогиба имеет мощность до нескольких километров, а в осевых частях и более 3км[2,3]. Перспективы этого комплекса весьма высоки, на что указывает уже открытое Харьягинское месторождение. Необходимо отметить, что открытия в этих отложениях совершались попутно, нежели целенаправленно.

Для обоснования нефтегазоносности верхнепермских отложений была использована модель дифференциального улавливания, сформулированная В.П. Савченко (1954), В. Гассоу (1954), С.П. Максимовым (1954, 1964) и др., А.Я. Кремс, Б.Я. Вассерман, Н.Д. Матвиевская(1974). Авторы допускали, в частности, латеральную миграцию УВ на значительные расстояния из предгорных (краевых) прогибов на платформу. При этом важно учесть в каком состоянии протекала миграция: в однофазном (газовом) или двухфазном (нефтегазовом) состоянии. Так, для впадин Урало-Пайхойского предгорного прогиба А.Я. Кремс и др. считают, что миграция нефти и газа на платформу протекала преимущественно в однофазном состоянии. Возможна также дальняя миграция углеводородных флюидов в виде легкой нефти, насыщенной газом, либо в растворенном в газе состоянии.

Формирование большей части нефтегазовых залежей в Тимано-Печорском НГБ хорошо укладывается в схему дифференциального улавливания углеводородов различного фазового состава описанную в работах С.П. Максимова, В. Гассоу и др. В соответствии с ней жидкие УВ в процессе миграции перемещались из региональных очагов генерации к примеру, Предуральского краевого прогиба в зоны нефтегазонакопления ТП НГБ с увеличением плотности нефти в сторону регионального подъяма горизонтов.

Так, в соответствии со схемой дифференциального улавливания залежи могли последовательно формироваться в пермских ловушках, находящихся на основных путях миграции нефти и газа из Верхнепечорского очага генерации УВ в погруженные ловушки Рассохинско-Курьинской и Вуктыльской зон Верхнепечорской впадины Предуральского прогиба до наиболее приподнятых в пределах ее обрамления на Мичаю-Пашнинском вале.

Приуроченность аллювиальных долин к пониженным формам структурного плана по нижнепермским отложениям скорее всего объясняется унаследованностью тектонических движений и преобладанием здесь устойчивого прогибания, начавшегося с позднепермской эпохи и продолжающегося по настоящее время. Учитывая единый тектонический контроль при формировании аллювиальных долин в течение всей позднепермской эпохи, можно предположить, что положение разновременных позднепермских долин в плане в пределах одного и того же структурного элемента в целом будет совпадать. Может наблюдаться несовпадение полос развития различных пластов песчаников долин, но их смещение обычно составляет не более 2-3 км, что позволяет также говорить о едином тектоническом контроле русловых долин.

По волновой картине вблизи кровли верхнепермских отложений выделены аномалии сейсмической записи, по мнению автора соответствующие русловым песчаным отложениям, где возможно обнаружение залежей с высокими коллекторскими свойствами. Первые коллекторы верхней перми предположительно связываются с палеоруслом реки Печоры, антиклинальные формы предполагаются по подошвам глинистых покрышек над речными островами (осередками, побочными, стрежневыми барами).

Н.И. Никоновым предложена классификация ловушек для месторождений, сформированных в аллювиально-дельтовых условиях[4,5]. Залежи на территории Сойюского лицензионного участка отнесены к литологически экранированному шнурковому типу. Аналогичные залежи встречены в пределах территории Харьгинского и Лемью-Ираельского нефтяных месторождений в тоже время залежи, предполагаемые восточнее Сойюского лицензионного участка не подходят под описанную Н.И. Никоновым типизацию[5]. Предполагается наличие нового типа залежей(ловушек) – структурно-литологического типа в осередках(песчаных островах в русле реки). Механизм образования данных ловушек объясняется большим количеством переносимого и откладываемого терригенного материала в период времени от перми до триаса, что в свою очередь объясняется тектонической активностью в это время. В результате переноса обломочного материала Палеопечоры откладывались песчаные тела- осередки большой мощности. Далее этот комплекс отложений перекрывался глинами благодаря резким спадом активности речной системы сохраняя антиклинальную форму, в которую в дальнейшем могут мигрировать флюиды.

По данным комплексной интерпретации материалов ГИС и сейсморазведки 2D впервые выделена и прослежена аллювиальная долина Палеопечоры и её притоков в верхнепермских отложениях.

Полосы развития песчаников, слагающих русловую долину, имеют протяжённость до десятков километров. Ширина зон развития песчаников, установленная по материалам сейсморазведки, изменяется от 0,5 до 4,5 км.

Таким образом наличие мощных толщ коллекторов и глинистых флюидоупоров аллювиального генезиса свидетельствуют о потенциальных возможностях образования залежей углеводородов в них. Формирование залежей в верхнепермских ловушках на основных путях миграции нефти и газа из Верхнепермского очага генерации могло происходить по принципу дифференциального улавливания по Максимуму-Гассоу.

Список использованной литературы

1. Ершов А.В. Особенности геологического строения верхнепермского терригенного нефтегазового комплекса(на примере Верхнепечорской впадины Тимано-Печорской провинции) Электронный научный журнал Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика.- Москва, ИПНГ РАН, 2012 г. Вып. 1(5)
2. Ершов А.В. Перспективы нефтегазоносности верхнепермских отложений Верхнепечорской впадины Тимано-Печорского нефтегазового бассейна. Материалы XVIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов»/Отв. ред. И.А. Алешковский, А.И. Андреев, Т.Ю. Лабузова-Орден «Знак Почёта» Издательство Московского университета.
3. Ершов А.В. Перспективы нефтегазоносности верхнепермских отложений Верхнепечорской впадины. Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности. Материалы Всероссийской научной конференции, посвящённой 30-летию ИПНГ РАН. Сер. "Труды ИПНГ РАН (Москва): серия «Конференции»" Институт проблем нефти и газа РАН; ООО «Аналитик»; Научный редактор А.Н. Дмитриевский. 2017/Издательство: Институт проблем нефти и газа РАН
4. Никонов Н.И. Верхнепермские аллювиально-дельтовые зоны нефтенакпления южной части Ижма-Печорской впадины/труды института геологии Коми филиала Академии наук СССР//Вып.47, Сыктывкар,1984. С.82-94
5. Никонов Н.И., Соловова Л.И. Перспективы нефтегазоносности верхнепермских аллювиально-дельтовых песчаников/ Труды X геологической конференции Коми АССР. Сыктывкар, 1984 г.

О КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВАХ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА

Зиналова Г.Д. (Научный руководитель Гурбанов В.Ш.)

gzinalova@mail.ru, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, г. Баку, Азербайджан

Гранулярные коллектора встречаются в вулканогенно-терригенной толще (T_3) верхнего триаса и подобные коллектора изредка установлены в строении туфогенно-доломитовой и туфогенно-известняковой толщ ($T_{2,1}^1$, $T_{2,2}^2$) среднего триаса. По вещественному составу они являются полимиктовыми песчаниками кварц-грауваккового и аркозового, реже аркозо-грауваккового состава. Коэффициент отсортированности песчаников (S_o) 3,6-3,8. Доминируют в них фр. 0,25-0,1 мм. В отдельных случаях ведущая роль принадлежит фр. 0,2-0,25 мм. Зерна кварца, ортоклаза, обломки кварцитов и кремнистых пород умеренно окатаны и угловаты. Цемент обломочных коллекторов сложен известковистым, кремнистым и глинистым веществом. Структура цемента порово-контактная, контактовая и пленочная. Количество цементирующего вещества в гранулярных коллекторах составляет 8,0-18 %. Нередко в обломочных коллекторах отмечаются микротрещины размером 0,05-0,15мм, которые выполнены кальцитом и кремнисто-глинистым веществом. Открытая пористость обломочных коллекторов триаса изученных разрезов невысокая, обычно колеблется в интервале 5,0-8,0%. В отдельных случаях в кварц-граувакковых песчаниках и алевролитах верхнего триаса открытая пористость достигает 12,0-14,0 %.

Газовая проницаемость была определена в ограниченном количестве проб из-за их небольшого размера. В целом коллектора триаса характеризуются низким значением коэффициента проницаемости в пределах 0,005-0,025 мкм². В отдельных пробах песчаников верхнего триаса пл. Каменистая, Ала-Тюбе газовая проницаемость достигает 0,15-0,41 мкм², открытая пористость этих коллекторов колеблется в пределах 20,0-23,0 %. Высокая газовая проницаемость обломочных пород также связана со вторичными процессами (субаэральное выветривание, выщелачивание). Большинство этих пор в песчаниках являются вторичными и образовались за счет гипергенного выветривания и выщелачивания глинисто-известкового цемента. Вторичные поры наблюдаются в песчаниках невооруженным глазом.

Обломочные коллектора аркозового и кварц-грауваккового состава широко распространены в верхней части среднего триаса и верхнем триасе. Плотные трещиноватые песчано-алевритовые породы в виде небольших пачек установлены в строении нижнего триаса Южного Мангышлака. Эти обломочные коллектора серые, реже темносерые, глинистые, мелко-среднезернистые, содержат углефицированный растительный детрит. Содержание глинистого цемента в них колеблется от 17 до 35 %.

В разрезах среднего и верхнего триаса пл. Каменистая, Тарлы-Куйджак, Ю.Караманата, Ала-Тюбе и Придорожная в обломочных породах установлена порово-трещинная емкость, где фильтрация в этих коллекторах обусловлена не только поровыми каналами, но и микротрещинами.

Формирование трещиноватости в песчаниках и туфах связывается как с катагенетическими процессами, так и с влиянием тектонического напряжения (сжатие и растяжение). При этом наличие известково-кремнистого вещества в цементе обломочных пород и кремнезема в туфах, по-видимому, способствовало растрескиванию пород и образованию различных микротрещин.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ПРИ БУРЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОГО КАРОТАЖА

Игнатьев Н.Н.

Nikolai-ignatev@list.ru, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Для оптимизации производственного процесса на угледобывающем предприятии, особенно при обогащении и отгрузке продукции, очень ценна информация как о качестве добываемого сырья, так и о горно-геологических условиях его залегания. Поэтому существует потребность организации на месторождении бурения скважин эксплуатационной разведки.

При этом в процессе разработки месторождений угля для рыхления толщи вмещающих пород буровзрывным способом массово бурятся эксплуатационные скважины. В зависимости от крепости пород и проектной глубины взрыва густота сети бурения может составлять 3 на 3 метра. Если бы по каждой скважине возможно было получить каротажные данные прямо в процессе бурения, то получилась бы беспрецедентно густая разведочная сеть. При такой густоте бурения можно детально изучить морфологию пласта, выяснить точное положение кровли пласта, его точную мощность, узнать о наличии неугольных прослоев в пласте угля. При наличии такого массива данных можно максимально точно предсказать запасы угля и его качество, а также большую часть горно-геологических условий, что положительно скажется на производительности и безопасности труда.

Такую возможность предоставляет механический каротаж, при проведении которого записываются данные о скорости проходки каждой скважины, скорости вращения снаряда, давления на забой, а также ряд других параметров бурения. Известно, что физико-механические свойства угля резко отличаются от свойств вмещающих его пород, что позволяет очень четко выделять уголь на каротажных кривых как стандартного набора ГИС, так и на каротажных кривых механического каротажа. [1] Таким образом, механический каротаж наилучшим образом показывает себя на угольных месторождениях.

Так, на Олень-Шибирском каменноугольном месторождении, расположенном на границе Республики Бурятия и Забайкальского края, данный метод широко применяется при бурении скважин под взрыв, которые в то же время служат и целям эксплуатационной разведки месторождения. Все буровые станки оснащены системой КОБУС (контроллер буровой установки), разработанной компанией ООО Blast Maker, которая в реальном времени собирает данные о бурении скважины: координаты скважины по данным GPS, информацию о скорости проходки скважины, скорости вращения бурового снаряда, давлении на забой, вращательного момента и давлении воздуха в системе воздушной промывки. Эти данные выводятся в виде графиков зависимости измеряемого показателя от глубины. [2]

Зольность является наиболее важным показателем качества углей и определяет основные направления использования для всех углей без исключения. Однако это очень изменчивый показатель как в разрезе, так и по площади распространения угольных пластов. Изучение зольности по данным керновых проб имеет существенные недостатки, связанные с неполным выходом керна и его загрязненностью шламом перебуриваемых пород [1, 4]. В углях и углистых породах содержание органического вещества и минеральной составляющей может изменяться в довольно широких пределах, в зависимости от этого будет изменяться и геофизическая характеристика пласта, по тем параметрам, по которым органическое вещество отличается от минеральной компоненты. Таким образом, все геофизические методы, применяемые для расчленения разреза на угольных месторождениях, позволяют определить зольность угля. При проведении разведочных работ на вышеупомянутом месторождении для определения зольности, особенно в случае невозможности однозначной привязки результатов анализов проб к

конкретному интервалу угольного пласта, а также при засорении угольных проб глинистым материалом в процессе бурения, зольность угля принималась по данным ГГК-С. При сопоставлении данных, полученных на этапе разведки, с данными механического каротажа обнаружилась очень чёткая корреляция с данными комплекса ГИС: ГК, ГГК-П, КС, ПС, кавернометрия, ГГК-С. Такое сопоставление данных механического каротажа с ранее полученными разведочными данными было проведено для ряда скважин, и в каждой однозначно наблюдалось соответствие с каротажными кривыми и литологическими колонками.

Учитывая, что разрешающая способность рассматриваемого метода достигает 5-10 сантиметров, можно рассчитывать на то, что с помощью этих данных будет возможно выделять неугольные прослои в толще угольного пласта мощностью сопоставимой с разрешающей способностью метода, что в дальнейшем может быть использовано для подсчёта зольности пласта угля. Подобный метод в условиях бурогоугольного карьера Билина, Чехия, был введён ещё в 2006-2008 годах. Экспериментальное испытание и введение метода в ежедневную практику показало, что метод можно использовать не только в контрастных условиях, но также и непосредственно в угольном пласте. [3] Таким образом, механический каротаж является перспективным методом разведки угольных месторождений благодаря своей дешевизне, скорости и разрешающей способности. Однако данная тема требует дальнейших, более детальных исследований для уточнения соответствия качественных показателей угля его механическим свойствам, в том числе, на углях различных марок, чему и посвящён настоящий доклад.

Список литературы

1. Гречухин В.В. Геофизические методы исследования угольных скважин, М., «Недра», 1965, 468 с.
2. Киселев А.О. Использование программно-технического комплекса blast maker на пластовых месторождениях // Передовые технологии на карьерах, Бишкек, 2010, с. 24-32
3. Мах Карел. Использование записи механических параметров бескернового бурения (механический каротаж) в процессе геологической разведки бурогоугольного месторождения Билина (Чешская Республика) // Известия ВУЗов. Геология и разведка, №4, 2012, с. 80-84.
4. Ломидзе В.С., Луговой А.А., Иванов Н.И., Аникина Л.А. Геологический отчёт по результатам разведочных и эксплуатационных работ на участках «Центральный» и «Южный» Олонь-Шибирского месторождения с подсчётом запасов угля для добычи открытым способом по состоянию на 01.01.2013 г., Владивосток, 2013.

ДОЮРСКИЙ КОМПЛЕКС ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАМЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ НА КРАСНОЛЕНИНСКОМ СВОДЕ

Карнюшина Е.Е.

evgem@geol.msu.ru, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Нефтяное месторождение Каменное было первым, открытым в 1962 г. на Красноленинском своде Западной Сибири. К началу XXI века на месторождении активизировались работы по разведке залежей, связанных со стратиграфическим диапазоном от доюрских до меловых отложений включительно.

Доюрский комплекс, представленный докембрийским кристаллическим фундаментом и продуктами его выветривания, изучен на восточном лицензионном участке месторождения, где вскрыт рядом скважин на глубине от 2333,2 м до 2697,7 м. В скважине 201 метаморфические породы фундамента охарактеризованы в двух интервалах. На глубине 2495-2500 м выход керна (вк) 1,8 м представлен косополюсчатым чередованием серых кварцитов и темно-серых сланцев с переменным содержанием породообразующих компонентов — хлорита, серицита и кварца. Породы пронизаны разнонаправленными жилами кальцита и кварца, разбиты трещинами с зеркалами скольжения, обособлениями хлорита и рудных минералов на их стенках.

Кварциты имеют микрозернистую структуру (размер угловатых зерен кварца 0,1-0,25 мм), содержат линзы пелитизированных зерен альбита, чешуйки серицита и рассеяны прожилками карбонатов. Кварц-серицитовые и серицит-кварцитовые сланцы имеют сланцеватую микротекстуру и микрогранолепидобластовую структуру. Основная серицитовая масса оптически однонаправленно ориентирована. В серицитовых разностях в этой массе равномерно рассеяны угловатые и полуокатанные зерна кварца размером от 0,05 до 0,5 мм. В кварцитовых разностях содержание кварца достигает 53 %. Серицит-хлоритовые сланцы обладают примерно равным соотношением серицита (38 %) и хлорита (42 %), кварц и плагиоклазы составляют 12 и 5 % соответственно. В основной слюдяистой массе неравномерно распределены вкрапленники пирита с размером от сотых долей миллиметра до 0,1 мм. Иногда его кристаллы образуют скопления диаметром до 3,5 мм.

В интервале 2445-2450,5 (вк 5,5 м) выделены снизу вверх четыре пачки косослоистых метапород. Первая пачка (1,5 м) в нижней половине сложена чередованием через 3-5 см темно-серых кварцитов и серо-зеленых кварц-хлорит-серицитовых филлитов. Выше залегают кварциты светло-серые и филлиты серицитовые темно-серые. Вторая пачка (2 м) состоит из чередования через 3-10 см серых и зеленовато-серых филлит-кварцитов, грубо- и тонкополосчатых. Третья пачка (1,1 м) — чередование филлитов кварц-хлорит-серицитовых серых и светло-серых толщиной 10-20 см и 7-10 см соответственно. Четвертая пачка (0,9 м) — филлиты тонкополосчатые, представлены чередованием через 1-2 см светло-серых и темно-серых разностей. К контактам между ними приурочены белесые прожилки кварца. В нижней части пачки филлиты смяты в мелкие изоклинальные складочки, в ее верхней части они будинированы.

На глубине 2417-2423 м (вк 3,7 м) кварц-хлоритовые и серицитовые филлиты находятся в зоне дезинтеграции площадной коры выветривания. Породы пронизаны извилистыми вертикальными и полого наклонными прожилками кварца, фрагментированы на обломки с разнонаправленными зеркалами скольжения. Под микроскопом наблюдается чередование линз с лепидобластовой и гранолепидобластовой структурой. Линзы разорваны и смещены по густой сети микротрещин, заполненных агрегатом глинистого и рудного вещества.

В интервале 2411-2417 м (вк 2,3 м) к зоне дезинтеграции относятся в его нижней части метаконгломераты брекчированные, сильнотрещиноватые (0,3 м). Они состоят из обломков метапесчаников зеленовато-серых. Обломки имеют размер 2-6 см, осложнены зеркалами скольжения и пронизаны многочисленными кварцевыми прожилками. Выше наблюдаются зеленые метагравелиты тонкосланцеватые (0,8 м). Над ними залегают филлиты кварц-хлоритовые зеленовато-серые (0,3 м).

Верхняя часть интервала 2411-2417 м принадлежит зоне глинизированных элювиальных брекчий (0,9 м). В их основании залегают угловатые обломки (до 2 см в поперечнике) неравномерно каолинитизированных кварц-серицитовых филлитов белесо-серых и светло-серых, с реликтовой плейчатой текстурой. Находящиеся выше, расплюснутые между зеркалами скольжения, фрагменты стально-серых метапесчаников имеют размер 1,5-3 см. Над ними прослеживаются уплощенные обломки зеленовато-серых метапесчаников и хлорит-серицитовых сланцев линзовидно сидеритизированных.

Рассмотренные метаморфические образования кристаллического фундамента, вскрытые в скважине 201, являются производными осадочных глинистых и алевроитово-песчаных пород. Их преобразования связаны с зеленосланцевой ступенью регионального метаморфизма. Об этом свидетельствуют сланцеватая текстура метапород, осложненная плейчатостью, будинажем, брекчированием и преобладание в них лепидобластовой и лепидогранобластовой структуры. На глубине 2417-2423 м и в нижней части интервала 2411-2417 м наблюдаются дезинтегрированные в коре выветривания филлиты, кварциты, метабрекчии и метапесчаники. Над ними вскрыта зона гидролиза, охарактеризованная линзами с хорошо окристаллизованным каолинитом. В кровле интервала выветрелые метапороды сидеритизированы вследствие действия наложенных процессов, связанных с проникновением в элювий вод из бассейна седиментации базальных горизонтов нижней юры. Эти горизонты пройдены скважиной 201 в интервале 2367-2373 м (вк 5,6 м), где представлены конгломератами, сложенными окатанными и полуокатанными обломками элювиальных образований из различных зон коры выветривания.

В скважине 308 доюрская толща вскрыта в интервале 2424,5-2432 м (вк 2 м). Нижняя половина выхода керна представлена светло-серыми хлорит-серицитовыми филлитами, содержащими в основании прослой белесых и бежевых полешапато-кварцевых метапесчаников (0,3 м). Породы по системе трещин фрагментированы на угловатые обломки, замещены разно ориентированными белесыми и бежевыми линзами каолинита и сферолитов сидерита. Снизу вверх по разрезу величина фрагментов уменьшается до 2 см в поперечнике, возрастают количество и размеры каолинитовых и сидеритовых линз. В кровле интервала серые и светло-серые кварц-серицитовые филлиты дезинтегрированы на осложненные зеркалами скольжения фрагменты размером не больше 1,5 см в поперечнике. Каолинит и сидерит не только замещают их, но и заполняют межобломочное пустотное пространство.

Доюрский комплекс в скважине 5601 вскрыт на глубине 2467-2477 м. В интервале 2472-2477 м (вк 3,5 м) он представлен брекчированными, прослоями будинированными белесо-серыми кварцит-серицитовыми филлитами с реликтовой плейчатой текстурой. Филлиты неравномерно замещены гидрослюдой, хорошо окристаллизованным каолинитом, содержат сферолиты сидерита с диаметром 0,3-0,4 мм. Встречаются глинизированные метапороды, замещенные сидеритом на 80-90%. Объемная плотность (λ) таких разностей составляет 2,74-2,78 г/см³, открытая пористость ($P_{от}$) — 4,4 %.

Внизу интервала 2467-2472 м (вк 4,3 м) описаны глинизированные филлиты тонкополосчатые – зеленовато-белесые и черные, сильнобрекчированные и осложненные субвертикальными зеркалами скольжения. Их λ достигает 2,8 г/см³, $P_{от}$ составляет 3,2 %. Выше наблюдается переслаивание через 0,15-0,3 м глинизированных и сидеритизированных филлитов

Значительная степень глинизации и сидеритизации присуща метасоматитам элювия, вскрытого в скважинах 308 и 5601. Они служат локальной покрывкой, трещинных коллекторов кристаллического фундамента и зоны его дезинтеграции, представляющих в совокупности доюрский природный резервуар Каменного месторождения. Доюрский и юрские природные терригенные резервуары являются составными, гидродинамически связанными частями единой нефтегазоносной системы. Достоверный прогноз ее продуктивности может быть обеспечен всесторонним исследованием пород-коллекторов и покрывшек литологических ловушек различного генезиса.

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ В ПРОГИБАХ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ И ЧУКОТКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАЛОЖЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Карнюшина Е.Е.

evgem@geol.msu.ru, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Минеральные новообразования в вулканогенно-осадочных толщах, значимые для изменения их физических свойств, представлены в основном глинистыми компонентами, цеолитами и карбонатами. Эти вторичные минералы отмечаются уже в диагенезе, типичны для прогрессивного катагенеза, а также маркируют следы наложенных процессов, которые связаны с перемещением водно-углеводородных контактов (ВУК) в нефтегазовых залежах и /либо с действием гидротермальных растворов.

Вторичная минерализация туфов и туффитов среднего состава отчетливо выражена в зонах ВУК газовых залежей конденсатногазового Кшукского месторождения в Колпаковском прогибе Западной Камчатки. Это было установлено путём сравнительного анализа изменений песчаных туффитов из надпродуктивной и продуктивной толщ средне-позднемиоценовой молассы. Рассматриваемая на глубине 300-1350 м угленосно-туффитовая моласса находится в подзоне протокатагенеза. Отложения над залежами газа преобразованы вследствие аутигенной минерализации туфов и туффитов монтмориллонитом и хлорит-монтмориллонитом, которые образуют многослойные пленки вокруг обломочных зерен и заполняют почти все исходное пустотное пространство. Более поздние и относительно редкие новообразования зернистого кальцита, кристаллов клиноптилолита, иногда десмина приурочены к центральным частям пор. Аутигенное минералообразование привело к формированию покрывки Кшукского месторождения.

В продуктивных пластах, залегающих в интервале 1143-1350 м, обломочные компоненты окаймлены лишь одной-двумя монтмориллонитовыми пленками, поры и каналы между ними заполнены глинистыми минералами частично. Залежи газа находятся на стадии формирования. Об этом свидетельствуют следы перемещения прогрессивных древних ВУК в продуктивном коллекторе, что выражено чередованием пористых туффитов и парных малопроницаемых слоев. Один слой из этой пары значительно замещен зернистым и сферолитовым кальцитом, другой — отличается заполнением только пор коллекторов клиноптилолитом. В зоне современного ВУК чередуются туффиты карбонатизированные, открытая пористость ($P_{от}$) которых не превышает 5%, и выщелоченные разности с $P_{от}$, достигающей 35%.

Южнее, в Гольгинском прогибе под средне-позднемиоценовой молассой, измененной аналогично выше описанной надпродуктивной толще, залегают с глубины около 1800 м, в скважине Крестовская-1 гидротермально преобразованные отложения олигоцена-среднего миоцена. Среди них выделяются две толщи — туфобиогенно-кремнистая (950 м) и кремнисто-туффито-терригенная (вскрыто 805 м), находящиеся в подзоне мезокатагенеза (градации МК₁-МК₂).

В туфобиогенно-кремнистой толще на глубине 1863 м описаны туффиты алевролитовые, с пятнистыми ломонтит-морденитовыми обособлениями прихотливой формы. В них морденит представлен сферолитами диаметром 1,5 мм. В их центре отмечены пойкилитовые кристаллы ломонтита. Трещиноватые туфоопки в интервале 1910-1919 м рассечены прожилками цеолитов обрамленных зернистым кальцитом, который к тому же замещает основную массу кремнистых пород. Наибольшая площадь карбонатизации слоев туфоопок наблюдается на их контакте с песчаными туфами и туффитами. С увеличением доли карбонатов $P_{от}$ в туфоопках сокращается от 20 до 4%. Обломочные туфы и туффиты на глубине 1967-2504 м хлоритизированы и пиритизированы, карбонаты и цеолиты заполняют в них поры. Залегающие ниже до глубины 2730 м перекристаллизованные туфоопки неравномерно замещены карбонатами.

В верхней части кремнисто-туффито-терригенной толщи находятся глинизированные и карбонатизированные туффиты алевролитовые. В образцах из интервала 3100-3200 м описаны туффиты песчаные, по которым развит пойкилитово-кристаллический глинисто-цеолитовый агрегат, гнездовидные обособления кальцита, пирита и минералов группы эпидота-цоизита. Морденит-халцедон-ломонтитовые метасоматиты по песчаным туффитам имеют $P_{от}$ 25%, в корренсит-ломонтитовых разностях $P_{от}$ составляет 8%. На глубине 3220-3300 м алевролитовые туффиты пронизаны трещинами заполненными цеолитами. Далее до глубины 3550 м отложения преимущественно карбонатизированы, насыщены глобулами пирита (10-15%) и его обособлениями в микролинзы.

Гидротермально измененная нефтеносная моласса нижнего миоцена известна в Анадырской впадине Чукотки. Продуктивный разрез, вскрытый на Верхне-Телекайском месторождении под экранирующими его песчано-глинисто-угленосными отложениями, изучен по керну скважины 10, на глубине 1748-2301 м в пределах начальных градаций подзоны мезокатагенеза. Сверху вниз здесь выделены в различной степени трещиноватые и брекчированные толщи — граувакковая (268 м) и туффитовая (вскрыто 285 м).

Граувакковая толща лишь в верхней части не нарушена значимыми деструкциями (интервал 1748-1754 м). Редкие трещины прослеживаются вдоль плоскостей напластования распространенных здесь полевощпатовых граувакковых алевролитов и песчаников с пленочно-поровым хлорит-монтмориллонитовым аутигенным цементом. Реликтивно-первичная открытая пористость в песчаниках составляет 5,8-11%. Ниже распространены пачки туфогенных разнотерристых граувакк, пятнисто замещенных на 5-20% ломонтитом, на 7-21% корренситом и хлоритом. $P_{от}$ матрицы таких пород-коллекторов составляет 5-10%. Проницаемость связана с трещинами.

С глубины 1827,5-1830 м произошел фонтанный выброс нефти из брекчированных туфогенных граувакк. При испытаниях интервалов в диапазоне глубин 1886-1898 м и 1994,4-2000,4 м были получены притоки минерализованной воды с пленкой нефти. Трещины, проводящие флюиды, пересекают керн в различных направлениях, ундулируют, их стенки осложнены кальцитизированными зеркалами скольжения. Пористость коллекторов изменяется от 2 до 10,5%. $P_{от}$ больше 5% характерна для туфогенных песчаников с повышенным содержанием ломонтига.

Туффитовая и граувакковая толщи граничат по тектоническому контакту. Среди изученных пород группы туффитов преобладают туфопесчаники средне-мелкозернистые с содержанием тефры 20-40%. В нижней части рассматриваемой толщи присутствуют прослои ортотуффитов и туфов песчаных и песчано-гравийных. Все отложения отличаются значительной карбонатизацией, интенсивной трещиноватостью и брекчированием. Парагенетическая ассоциация метасоматитов включает карбонаты, корренсит и ломонит. Кальцит поздней генерации представлен жилами и сохранившимися от разрушения нефтенасыщенными корками на стенках трещин, содержащих разнонаправленные зеркала скольжения.

До глубины 2024,5 м $P_{от}$ матрицы туфопесчаников составляет 7-8%. Ее относительное повышение до 9-13,6% наряду с колебаниями коэффициента проницаемости от 0,7 до 409 мД отмечено в нефтенасыщенном интервале 2024,9-2028 м, где цеолитизированные песчано-гравийные и древесно-гравийные туфопороды фрагментированы до дресвы. Открытая пористость и коэффициент проницаемости ниже по разрезу, до изученной глубины 2301 м составляют 8-11% и 1,3-16,5 мД соответственно.

Минеральные новообразования наложенных процессов приводят к искажению однозначной взаимосвязи между катагенетической зональностью и физико-литологическим состоянием вулканогенно-осадочных толщ, инициируют возникновение литологических аномалий с контрастным, разнонаправленным в пространстве распределением зон цементации — децементации пород-коллекторов и формирование залежей углеводородов жильного типа.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ СЛАНЦЕВЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ И ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

Каримов В.Ю., Мустаев Р.Н.
r.mustaev@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Россия располагает крупнейшими в мире ресурсами горючих ископаемых сланцевых формаций с которыми связаны природные битумы, разделяющиеся на две условные группы: широко распространенные нефти и битумы, и специфические битумы, встречающиеся относительно редко. Первая группа включает ряд из шести классов битумов: нефти, мальты, асфальты, асфальтиты, кериты и антраколиты. Ко второй группе относятся пять классов битумов: оксикериты и гуминокериты, а также озокериты, элатериты и альгариты. Физико-химические свойства горючих сланцев и битумов и их УВ состав зависит от исходного ОВ, лито-фациальных условий его захоронений и геологической истории развития.

Разработка месторождений сланцевых горючих ископаемых, тяжелых нефтей и природных битумов сланцевых формаций как одного из перспективных топливно-энергетических ресурсов, приобретает новую актуальность и выдвигает необходимость скорейшего нахождения оптимальных технологических процессов. В последнее десятилетие в мире значительно возрос интерес к исследованию возможностей и эффективности промышленного освоения месторождений тяжелых нефтей и битумов.

Несмотря на значительные разведанные запасы тяжелой нефти и ВВН, Россия в настоящее время является страной с «замороженными» возможностями в решении проблемы ее освоения. При наличии огромных запасов - 22% от мировых ресурсов в России, добыча углеводородного сырья из природных битумов составляет около 3-млн т/год. Это прежде всего связано с тем, что до сих не созданы высокоэффективные технологии разработки и освоения месторождений природных битумов, которые могут обеспечить экономическую рентабельную добычу твердых и высоковязких горючих ископаемых.

В настоящее время в России используются следующими технологиями добычи природных битумов: *внутрипластовое горение (ВГ); циклическая закачка воздуха; технология термоциклического воздействия на пласт; вытеснение битума паром; скважинная гидродобыча природных битумов; карьерный способ добычи битумов.*

В целом процесс добычи природных битумов и нефти из сланцевых плаев может проходить двумя методами - когда переработка сланца осуществляется на поверхности (surface retorting – наружный ретортинг), и так называемыми методами in-Situ (внутри пласта – внутрипластовый ретортинг).

Поверхностный ретортинг подразделяется на три основных типа:

1. *Непрямой ретортинг* подразумевает пиролиз нефтяного сланца за счет нагрева, причем в качестве теплоносителя используется природный газ. Теплоноситель циркулирует по законтурному пространству реторты, нагревая находящийся в реторте измельченный сланец.

2. *Прямой ретортинг*, когда природный газ закачивается непосредственно в реторту, разогревая подаваемый туда же измельченный сланец.

3. *Смешанный (комбинированный) ретортинг* совмещает оба этих метода.

В мире используются следующие системы *поверхностного* ретортинга:

АТР - Alberta-Taciuk Process - технология термической перегонки твердых углеводородов в которой термическое разложение нефтяного сланца и «осушка», так же как горение, переработка и охлаждение осуществляются в одной многокамерной вращающейся горизонтальной реторте.

Paraho Process (Paraho Development Corporation). В этой технологии используется вертикальная реторта. По мере движения вниз измельченный сланец нагревается восходящими отработанными газами из нижней части колонны. Под воздействием высоких температур (500 °С) из керогена выпариваются легкие фракции.

Petrosix (Petrobras). Технология применения вертикальной реторты и нагретого газа для подготовки нефтяных сланцев применяется в Бразилии. Принципиальным отличием технологии, является разделение получаемых углеводородных газов на три части.

Galoter Process (Eesti Energia). В этой технологии используется горизонтальная реторта, преднагрев происходит при относительно низких температурах (135 °С), после чего из нефтяного сланца выделяются газы.

Более современными, экологичными и энергоэффективными методами считаются методы *внутрипластового ретортинга* (методы in-Situ) сланцевых и битуминозных толщ:

Shell ICP (Shell). Технология основывается на постепенном нагреве изолированных сланцевых и битуминозных (асфальтитовых) толщ пластов в течение длительного времени (как правило, 2-4 года) с использованием погружных электрических нагревателей за счет удается равномерно нагреть все сланцевые и битуминозные пласты до температуры 200 °С и начать практически переработку внутри пласта.

Chevron in-situ process (Chevron). Технология подразумевает внутрипластовую добычу и частичное фракционирование керогена в пласте за счет нагретого природного газа, закачанного в пласт под большим давлением. В качестве основной технологии добычи используется разрыв пласта нагретым газом.

Exxon Mobil Electofrac (Exxon Mobil). Технология представляет собой модернизированный вариант классического гидроразрыва пласта (ГРП) и построен на электролизных методах воздействия на пласт.

AMSO EGL Technology (AMSO). Технология построена на замкнутой системе нагревательных труб, расположенных в глубине пласта в максимальной близости залежи (сланцевой или асфальтитов и др). За счет нагрева от непрямого контура, содержащиеся в пласте битумы и сланцевая нефть разогревается, разжижается и начинает поступать в сеть добычных скважин, обеспечивающих высокую температуру по всему пласту.

Применение горизонтальных скважин позволяет создать связь между добывающей и нагнетательной скважинами и управлять фильтрационными потоками при разработке месторождений природного битума.

Для создания эффективных технологий разработки месторождений природных битумов существуют три группы основных задач:

1. *Задачи термического воздействия битуминозных пластов.* Путем применения термического воздействия на кероген обеспечивается его плавление и превращения в масло и газ в возможно короткий интервал времени.

2. *Задачи разработки и эксплуатации.* Для повышения эффективности разработки месторождений природных битумов предлагается внедрение высокоэффективной комплексной технологии разработки, главными элементами которой является эффективное использование теплового воздействия, горизонтальное бурение и гидроразрыв пластов.

3. *Задачи связанные с экологией окружающей среды.* Экологические последствия от добычи природных битумов и углеводородов из сланцевых толщ связаны с интенсивными воздействиями на природные системы. Необходимо при применении разных технологий разработки природных битумов проведение экологического мониторинга и специальных исследований для решения задачи экологической безопасности.

Список литературы:

1. Research on In-situ Oil Shale Mining Technology .Yi Pan, Jiaqing Mu, Jipeng Ning, Shuangchun Yang *Liaoning Shihua University, Fushun City, Liaoning Province, China 113001*
2. В. Ю. Керимов, Г.Н. Гордадзе, А.Л. Лапидус, М.В. Гируц, Р. Н. Мустаев, Э.М. Мовсумзаде, Ф.Г. Жагфаров, М.В. Захарченко Физико-химические свойства и генезис асфальтитов Оренбургской области // Химия твердого топлива, 2018, № 7, с. 59–67.
3. Перспективные методы разработки доманиковых отложений на примере НГДУ «Бавлынефть» А.Г. Зиятдинов, О.В. Михайлова (институт «ТатНИПИнефть»)

КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДАМИ ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МИКРОИМИДЖЕРОМ (FMI)

Киселев А.А.

1032171614@pfur.ru, РУДН, г. Москва, Россия

В последние годы увеличился ввод в разработку пластов с тонкослоистой структурой. Наибольшие сложности возникают с выделением пропластков малой мощности. Показания методов ГИС в этих пропластках не достигают истинных значений из-за влияния вмещающих пород и недостаточной разрешающей способности.

Объектом исследования является Приобское месторождение, расположенное в Ханты-Мансийском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области. В географическом отношении месторождение находится в центральной части Средне-Обской низменности Западно-Сибирской равнины. Геологический разрез Приобского месторождения сложен мощной толщей (более 3000 м) терригенных отложений осадочного чехла мезо-кайнозойского возраста, залегающих на породах доюрского комплекса, представленных корой выветривания.

Отличительной чертой Приобского месторождения является осложненное геологическое строение, характеризующееся многопластовостью и низкой степенью продуктивности, поэтому оно является особым объектом для геофизических исследований скважин (ГИС). Коллекторы основных продуктивных пластов отличаются невысокой проницаемостью, незначительной песчанистостью, повышенным содержанием глинистого материала и высокой расчлененностью разреза. Эти обстоятельства позволяют изучать и сравнивать геофизические характеристики пластов, локализованных в разных частях разреза и в различной степени нефтенасыщенных, а также геофизические параметры вмещающих эти пласты отложений.

Повысить достоверность геологической модели могут методы с более высокой разрешающей способностью такие, как азимутальный электрический микроимиджер (formation micro imager – FMI). С этой целью на Приобском месторождении, компанией «Шлюмберже» было исследовано 30 скважин с использованием высокоразрешающей технологии Platform Express. Помимо стандартных для комплекса Platform Express методов в 24-х скважинах были записаны кривые метода ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) и в 3-х – пластового микросканера.

При использовании FMI получается непрерывная «электрическая фотография» поверхности пород стенки скважины с выделением отдельных деталей разреза размером от 5 мм и более.

Данная методика основывается на комплексировании микрометодов с высокой разрешающей способностью и кривых каротажа с большой глубиной для определения параметров тонкослоистого разреза. Вначале по кривым FMI выделяются границы пропластков, в которых задаются значения параметров, аналогичных вмещающим мощным пластам. Решается прямая и обратная задача, производится сравнение исходных и расчетных кривых, уточнение параметров модели и далее итерационный процесс повторяется до получения минимального несоответствия между исходными и расчетными кривыми.

Имиджи FMI регистрируются 192-мя электродами расположенными на 8 башмаках прибора. Специальный контур фокусировки направляет токи измерения в пласт. Низкочастотная составляющая регистрируемого сигнала информативна для определения петрофизических и литологических характеристик пород, а высокочастотная составляющая используется для детализации имиджей. Глубина зондирования, достигающая 762 мм, сопоставима с глубиной зондирования приборов каротажа. Изображение нормализуется путем калибровки по опорному низкочастотному сигналу сопротивления с большей глубины исследования, зарегистрированному самим прибором, или по данным сопротивления, зарегистрированные другими приборами бокового каротажа.

Благодаря точно рассчитанному расстоянию между дисковыми электродами, новой конструкции основного и откидного башмаков, а также высокой скорости передачи данных системой цифровой телеметрии удалось достичь разрешения по вертикали и по горизонтали в 5 мм. Таким образом, изображение позволяет проводить точную оценку параметров любого объекта размером от 5 мм. Оценка объектов менее 5 мм может быть произведена путем измерения количества тока на электроде. Анализ данных, зарегистрированных FMI, позволяет определить направление максимальной проницаемости в трещиноватом коллекторе. Система трещин, ориентированная по направлению максимального горизонтального напряжения, имеет наибольшую раскрытость каналов и определяет преобладающее направление проницаемости.

Для уточнения коэффициента нефтенасыщенности через соотношение объема связанных и свободных флюидов на месторождении был проведен ядерно-магнитный каротаж. В результате интерпретации времен релаксации и их распределений, можно получить такие петрофизические параметры как проницаемость, эффективная пористость и остаточная водонасыщенность. Пористость по ЯМК не подвержена влиянию литологии, так как включают в себя только извлекаемые флюиды и связанную воду в капиллярах. Это происходит по той причине, что водород, содержащийся в матрице породы и в связанной воде глин, обладает достаточно короткими временами релаксации.

Для оценки коэффициента пористости был использован нейтронный метод, так как он выполнен практически во всех скважинах. В дальнейшем была определена корреляционная зависимость от стандартизированных показаний с калибровкой на средние значения пористости по керну.

В геологическом отношении основной продуктивный пласт Приобского месторождения можно условно разделить на три части: верхнюю – песчаную монолитную; среднюю - преимущественно песчаную с тонкими глинистыми и плотными прослоями; нижнюю – преимущественно глинистую с тонкими песчаными слоями.

Выводы:

1. Использование данных ЯМК показывает необходимость корректировки методики определения нефтенасыщенности в связи с несоответствием этого параметра с утвержденными значениями.
2. Данные FMI позволяют определить направление максимального стресса и механических свойств пород.
3. Использование FMI в терригенных коллекторах Западной Сибири с тонкослоистым типом разреза не дает существенного увеличения эффективных толщин из-за взаимной компенсации пропластков коллекторов и неколлекторов.

Литература

Хамитов И.Г., Яценко В.М. Возможности новых технологий ГИС на примере Приобского месторождения. Сборник: Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений: ОАО «НК «Роснефть», УДК: 550.834.05, 2006.

Петрушин Е.О., Арутюнян А.С., Коффи Амону Кра Аксель Камиль, Геофизические методы исследования скважин на Приобском месторождении. Сборник: Отраслевые научные и прикладные исследования: Науки о земле, УДК: 550.3,

Применение высокотехнологичных методов каротажа Шлюмберже на Приобском месторождении Западной Сибири: Сб. тр. межд. науч.-пр. конф. Интенсификация добычи нефти. – Томск, 2004.

Исайчева Е.Г. Применение метода ядерно-магнитного резонанса – геоинформационная основа для повышения эффективности разработки месторождения нефти и газа: Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом - Юг" (Краснодар), 2017.

Вендельштейн Б.Ю., Латышова М.Г., Тузов В.П. Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин: Недра, Москва, 1990 г., 312 стр., УДК: 550/832 (075), ISBN: 5-247-00750-6.

ИНТРАГРАНИТНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ УВ – СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ

Леонов М.Г.

mgleonov@yandex.ru, Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

(I) Обеспечение ресурсной базы – одна из основных задач экономической политики любой страны, и Россия здесь не исключение. Данная задача содержит в себе два прогностических аспекта: *тактический*, включающий определение путей и механизмов разведки, добычи и переработки сырья, и *стратегический*, рассматривающий прогнозирование путей и механизмов развития сырьевой отрасли на основе совокупности научно-технических знаний. Основные положения, на которых строится современное развитие углеводородной сырьевой базы, заключены в трех основных положениях: источником углеводородного сырья являются некие нефтематеринские осадочные толщи; углеводородное сырье расположено в пределах литологических или структурных ловушек, приуроченных к чехольным комплексам; основные запасы углеводородного сырья заключены в осадочных породах чехольных комплексов. Правомерность этих предпосылок не подлежит сомнению, однако при таком подходе явно недостаточно внимания уделяется изучению механизмов формирования ловушек УВ в пределах кристаллического фундамента.

(II) В настоящее время на Земном шаре разрабатываются несколько сотен месторождений УВ, расположенных в пределах фундамента, и значительная часть из них – в гранитных массивах [2]. Анализ данных по размещению УВ в породах фундамента позволят сделать следующие предварительные выводы: залежи УВ широко распространены в породах кристаллического фундамента (в особенности, в гранитах) практически на всех континентах; залежи УВ приурочены к положительным морфоструктурам фундамента (куполам, горстам); кристаллические породы в зонах проявления УВ претерпели интенсивную тектоническую переработку (дезинтеграцию, катаклаз, перекристаллизацию), что особенно сильно проявлено в гранитах; модели формирования ловушек УВ в пределах консолидированного слоя нуждаются в совершенствовании.

(III) Формирование гранитных куполов и коллекторов УВ в них – процесс многофакторный. В нем участвуют: автометасоматоз, контракционная усадка, гидротермально-пневматолитовые процессы, тектоно-кессонный эффект и разломно-трещинная тектоника. Однако полевые и экспериментальные данные показывают, что эти факторы не полностью обеспечивают величины пористости (пустотности), наблюдаемые в породах. Остается до конца непознанным и механизм выдвигания «холодных» гранитов в верхние горизонты коры.

(IV) Изучение постмагматической деформации гранитных массивов показало [1, 4], что неотъемлемой составляющей структурной переработки гранитов является 3D квазипластическое и катакластическое тектоническое течение (рейдная деформация). Деформация связана с механическим дроблением, объемным катаклазом, перекристаллизацией, что приводит к дезинтеграции и (или) повышению кристалличности пород, т.е. к их грануляции. Особенностью гранулированных сред является [1, 5–7] их сверхпластичность и ярко проявляющийся в процессе деформации дилатансионный эффект – увеличение объема вещества (до 20%) [3]. Дилатансия особенно интенсивна в условиях пластического течения и приводит к возрастанию пористости и проницаемости пород, а также способствует уменьшению трения между частицами и облегчает их относительное проскальзывание. Объемная подвижность кристаллических пород делает возможным их перераспределение в пространстве и формирование своеобразных структур протыкания (кристаллических протрузий).

(V) Формирование протрузий связано с вязкостной инверсией. Система «деформируемая среда–включенное в нее менее вязкое тело» не является равновесной. В более текучем и менее вязком теле возникает избыточное давление, действие которого направлено на прорыв среды, так как деформации менее вязкого тела имеют большую величину. В результате происходит выжимание более текучих тел в направлении областей с меньшим литостатическим давлением, т.е., в конечном счете, по направлению к дневной поверхности.

(VI) Гранитные протрузии характеризуются рядом специфических признаков: (а) нахождение гранитов в среде более молодых, чем граниты, стратифицированных отложений; (б) протрузивные контакты, которые слабо увязываются по ориентировке и характеру смещений с кинематикой региональной разломной сети; (в) формирование морфологических аномалий; (г) специфическая трещиноватость: пластинчатая слайс-структура, общий линзовидно-петельчатый рисунок зон трещиноватости и отдельности; (д) превращение кристаллических пород в бесструктурную массу с включением линзовидных или овальных блоков того же состава с теньевыми структурами кристаллических пород; (е) деформация даек, жил или других постинтрузивных тел и границ, выраженная в рассредоточенных малоамплитудных и разнонаправленных смещениях; (ж) несоответствие внутренней структуры и внешней формы структуре и форме окружающих геологических тел.

(VII) Выявленные закономерности позволили предложить модель формирования залежей УВ в кристаллическом цоколе, которая согласуется с известными данными нефтяной геологии [2]. Суть модели заключена в следующем: образование положительных морфо-структур фундамента (куполов и протрузий) и их с кристаллическим ядром → возрастание пористости и проницаемости горных пород → «переток» УВ из осадочных толщ (или приток из глубинных горизонтов) в разуплотненные породы протрузивных тела → формирование скоплений УВ. Для проявления такого механизма образования УВ-залежей особенно благоприятны структуры типа гранитных протрузий.

Выявление новой категории структур (гранитных протрузий), расшифровка их положения в земной коре, инфраструктуры и механизмов образования на основе законов механики гранулированных сред значительно меняют теоретическую и прогностическую базы как характеристики коллекторских свойств пород, так и направления поисков перспективных на УВ территорий.

Работа выполнена по Проекту 0135-2018-0046 Программы Президиума РАН.

Литература

1. *Леонов М.Г.* Тектоника консолидированной коры. М.: Наука, 2008. 464 с.
2. Нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов. М.: РГУ нефти и газа, 2002. 216 с.
3. Пospelов Г.Л. Диспергиты и автодиспергация как важная проблема проблема лито-, петро- и тектогенеза // Геология и геофизика. 1872. № 12. С. 53–73.
4. *Пржиялговский Е.С., Леонов М.Г., Лаврушина Е.В.* Гранитные протрузии в зонах внутриплитной активизации Южной Монголии // ДАН. 2011. Т. 440. № 4. С. 503–506.
5. *Ревуженко А.Ф., Бобряков А.П., Косых В.П.* О течении сыпучей среды с возможным неограниченным скольжением по поверхностям локализации // Физ.-тех. Пробл. Разработки полезных ископаемых. 1997. № 3. С. 37–42.
6. *Cambell C.S.* Rapid granular flow // Annu. Rev. Fluid Mech. 1990. № 22. P. 57-92.
7. *Yaeger H.M., Nagel S.R.* The physics of granular materials // Physics Today. 1996. April. P. 32–38.

ДОМАНИКОВАЯ ФОРМАЦИЯ ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА - КАК ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДОВ РАННЕЙ ГЕНЕРАЦИИ

Муленкова А.Ю., Фадеева Н.П.

sasha01-07@mail.ru, fadeeva_nataly@mail.ru, МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

Доманиковые отложения Волго-Уральского бассейна – это высокоуглеродистая тонкослоистая формация, способная как производить углеводороды (УВ) собственными нефтегазоматеринскими толщами, так и концентрировать их в отдельных пластах и зонах, выполняющих роль резервуара. Как известно, массовое образование УВ в породах связано с максимумом генерации нефти, отвечающего градации катагенеза МК₂. Вместе с тем, уже на ранних этапах катагенеза (ПК-МК₁) в породах доманика Южно-Татарского свода отмечаются сильная битуминозность и включения битумов в трещинах, кавернах.

Изученные отложения карбонатного девона (D₃f-fm) представлены преимущественно темноцветными карбонатно-кремнистыми и кремнисто-карбонатными породами, чаще всего смешанного состава и являются типичными депрессионными фациями («доманикиты») – среднее и медианное значение Сорг (ТОС) составляет 10%; они включают тонкие прослои светлых известняков. Генерационный потенциал отложений карбонатного девона находится в тесной связи с фациальными обстановками, в которых формировалось ОБ. По данным пиролиза ОБ везде одинаково и относится к керогену типа II - значения водородного индекса в ОБ депрессионных фаций достигает 260-800, среднее 450 мг УВ/г ТОС, при содержании ОБ свыше 2% НI всегда высокое и практически не меняется при изменении его концентрации. Светлые известняки, которые образовались в условиях карбонатной платформы и осаждались в виде шламовой примеси или в результате штормовых или гравитационно-оползневых процессов содержат более окисленное ОБ. Генерационный потенциал этих отложений низкий – ТОС 0,2-0,3%, НI 40 мг УВ/г ТОС (средние).

Содержание автохтонных битумоидов и УВ регулируется концентрацией ОБ: ХВ составляет в породах от 0,06 до 5,6%, в ОБ – от 2 до 22,5 %. В изученных породах отмечаются миграционные битумоиды и УВ, которые можно рассматривать как паравтохтонные и возможно аллохтонные. Они фиксируются высокими значениями битумоидного коэффициента – почти до 90%, высокими индексами продуктивности PI >0,2 до 0,5, в то время как фоновые составляют около 0,1; фактически это проявления микронепти (нефти). Исследования флюидных включений в кальцитах некоторых образцов, показали, что они содержат воду и УВ (жидкие и газовые), образование которых протекало при низких температурах и высоком давлении; включения УВ локализуются по трещинам. Можно предположить, что в условиях только начинающихся процессов генерации, образование битумоидов в точечном очаге вызывает флюидоразрыв и их эмиграцию. Так можно объяснить существование мелких трещин в кремнистых и карбонатных разностях, заполненных кальцитом с битумом или только битумом и которые отмечаются при петрографическом изучении пород.

В составе автохтонных битумоидов доминируют смолисто-асфальтеновые компоненты, в паравтохтонных – мальтеновые фракции.

Углеводородный состав изученных отложений соответствует типу керогена, установленному пиролизическим методом. Он оказался практически одинаковым для всех изученных образцов, что подтверждается распределением различных алкановых, стерановых и терпановых углеводородных коэффициентов. Состав УВ отвечает морским условиям преимущественно карбонатной седиментации, геохимический режим в диагенезе восстановительный (от слабо- до резковосстановительных обстановок).

Данные по пиролизу (по замерам T_{max} после экстракции), значениям показателя отражения витринита (рассчитанного по ароматическим УВ, соответствуют градации катагенеза ПК-началу МК₁. С ними согласуется изопреноидный коэффициент Ki, значения которого везде больше 1, что свойственно мало преобразованному ОБ. В то же время, стерановые и гопановые коэффициенты зрелости характеризуются величинами близкими к

равновесным, свойственных пику генерации (градация МК₂) – это противоречие связано с влиянием карбонатного материала на изомеризацию этих УВ; в карбонатных осадках она начинается рано и уже в мало преобразованных породах они могут достигать равновесных концентраций.

Изученные нефти из данково-лебедянского, мендым-доманиковского и доманиковского горизонтов некоторых месторождений (Ромашкинское, Центрально-Азнакаевское и др.) также оказались весьма близкими по своим свойствам. По составу и распределению алкановых УВ, генетическим коэффициентам они похожи между собой и сопоставимы с аналогичными коэффициентами ОВ, что предполагает считать доманиковое ОВ источником этих нефтей. Углеводородный состав битумных включений, выделенных из пород, такой же, как и в нефтях; отличаются они только отсутствием низкомолекулярных УВ.

При генерации битумоидов и УВ и их эмиграции в самой нефтематеринской толще наблюдается тенденция изменения некоторых геохимических параметров ОВ, отражающих эти процессы. Образующиеся битумоиды и УВ заполняют любые пустоты (поры, каверны, трещины) или создают их в виде флюидоразрывов, т.е. образуют микроколлектор. Эти изменения обычно более четко проявляются в терригенных породах, чем в карбонатных, но и в них можно отметить сдвиги в некоторых параметрах ОВ.

Особенностью изучаемых пород является присутствие в них керогена с которым связана ранняя генерация битумоидов и УВ – уже на градации ПК-начале МК₁ появляются миграционные паравтохтонные разности. По составу эти битумоиды смолисто-асфальтеновые с относительно невысоким содержанием УВ и могут образовывать тяжелые нефти, которые и фиксируются в виде микро- или макропроявлений. На одном уровне преобразования миграционный (паравтохтонный) битумоид обладает более высокими значениями таких показателей, как битумоидный или УВ-ный коэффициент, коэффициент трансформации керогена (PI или TPIr), более высокими значениями отношения мальтены/асфальтены. Одновременно происходит снижение концентрации ОВ, генерационного потенциала породы (пик S₂) и ОВ (HI), что рассматривается как истощение потенциала, связанное с образованием битумоидов и УВ. Наиболее интенсивно такие изменения заметны в породах, находящихся в условиях ГЗН, особенно на градации МК₂, когда породы достигают максимума генерации и эмиграции. Сопоставление состава и количества ОВ с фильтрационно-емкостными свойствами показало, что некоторые интервалы в разрезе изучаемых скважин, представленные трещиноватыми ритмитами карбонатно-кремнистого и кремнисто-карбонатного состава, иногда брекчированными, могут содержать тяжелую нефть. При макропросмотре керна в них были отмечены битумо-(нефте-) проявления. Аналогичные прослои, но меньшей толщины встречаются по всему разрезу. Ориентировочные расчеты прогнозных ресурсов показали, что породы доманика даже в начале главной фазы нефтеобразования могут образовывать довольно крупные скопления.

Состав нефтей оказался весьма близким между собой, что может говорить о едином источнике, а сходство углеводородного состава нефтей и ОВ позволяет предположить, что их источником в изученной части Южно-Татарского свода могло являться ОВ доманиковой формации. Нефти ранней генерации тяжелые и могут рассматриваться как трудноизвлекаемые нефти (*Tight oil*).

Литература

Фадеева Н.П., Козлова Е.В., Полудеткина Е.Н., Шарданова Т.А., Пронина Н.В., Ступакова А.В., Калмыков Г.А., Хомяк А.Н. Генерационный потенциал пород доманиковой формации Волго-Уральского нефтегазового бассейна//Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. №6, с. 44-52

МЕСТОРОЖДЕНИЯ АСФАЛЬТИТОВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ – ГЕНЕЗИС И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Мустаев Р.Н., Салихова И.М.

r.mustaev@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Природные битумы – полезные ископаемые органического происхождения с первичной углеводородной основой, залегающие в недрах в твердом, вязком и вязко-пластичном состояниях. Асфальтит входит в категорию твердых природных битумов с температурой размягчения более 100°. По оценке организации объединенных наций мировые геологические ресурсы природных битумов составляют примерно 260 млрд. т, а их извлекаемые ресурсы в 70 млрд. т, из которых около 70% находятся в Канаде. В России ресурсы природных битумов по разным оценкам составляют от 30 до 75 млрд т. На территории бывшего СССР выявлено около 700 залежей битуминозных пород, преимущественно в России, Казахстане и Азербайджане. Вместе с тем такая важная и значимая часть сырьевой базы углеводородов (УВ) страны, как природные битумы, на сегодняшний день в России практически не учтена и не вовлечена в хозяйственную деятельность.

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция обладает наибольшими в России известными и разведанными запасами битумов, которые в Оренбургской области представлены в основном асфальтитами. Среди них можно отметить Ивановское, Казанское, Садкинское и др. Асфальтиты Ивановского и Казанского месторождений представлены гильсонитом. Химический состав гильсонита представляет собой сложное сочетание элементов, которые включают серу, углерод, кислород, водород и азот. Этот уникальный минерал используется более чем в 160 продуктах - нефтяных буровых растворах и цементах, асфальтовых модификаторах, печатных красках и чернилах темных тонов, добавках для формовочных смесей и прочих химических продуктах. Асфальтиты Ивановского и Казанского месторождений залегают на глубине 400 м, вмещающей породой является галит (каменная соль). Средняя мощность линзообразной залежи составляет 4-5 м. Асфальтит Ивановского месторождения представляет собой на 99.9% чистый уникальный углеводородный полимер.

Несмотря на многообразие предложенных схем формирования залежей природных битумов, до сих пор остаются спорными многие моменты их образования.

В образце асфальтит – это твердое, хрупкое, с раковистым изломом, блестящее, похожее на бурый уголь вещество массивной текстуры, не содержащее в себе вкрапленностей и наполнителей. Температура плавления асфальтита около 200°C. Запасы асфальтита Ивановского месторождения подсчитаны в объеме около 10 млн т., Казанского – 6 млн т. По результатам исследований проб асфальтитов Казанского проявления сделан вывод, что они схожи с Ивановскими асфальтитами по составу, но имеют более низкую (на 20-30 °С) температуру плавления - с 155 до 175 °С.

Анализ распределения *n*-алканов и изопренанов в масляной фракции асфальтита Ивановского месторождения проводили методом капиллярной газожидкостной хроматографии (ГЖХ) на приборе *Bruker 430-GC* с пламенно-ионизационным детектором в режиме программирования температуры с 80 до 320°C и скоростью подъема температуры 4°C/мин. Газ-носитель – водород. Разделение углеводородов осуществляли на капиллярной колонке HP-1 25 м × 0.25 мм.

Распределение стеранов и терпанов исследовали методом хроматомасс-спектрометрии (ХМС) на приборе *HP-6890N/5975C* с использованием системы компьютерной обработки данных в режиме SIM с записью ионов с *m/z* 217, 218, *m/z* 191, 177 для три-, тетра- и пентациклических терпанов. Разделение углеводородов проводили на капиллярной колонке с силиконовой фазой HP-1MS 25 м × 0.25 мм в режиме линейного программирования температуры от 40 до 290°C со скоростью подъема температуры 4°C/мин. Запись спектров осуществляли в режиме сканирования с интервалом 2 с. Затем выполняли компьютерную

реконструкцию масс-хроматограмм по характерным для различных групп углеводородов осколочным ионам, указанным выше. Все спектры сняты при энергии ионизации 70 эВ и ускоряющем напряжении 3500 В. Температура камеры ионизации 250°C.

По результатам экспериментальных исследований сделаны следующие выводы:

1. Полученное распределение стеранов, согласно коэффициентам зрелости $K_{зр}^1$ и $K_{зр}^2$ (0.53 и 0.79, соответственно), которые почти достигли равновесных значений, позволяет заключить, что асфальтит достаточно зрелый. Величина отношения диастераны/регулярные стераны, равная 0.04, свидетельствует о том, что осадконакопление проходило в карбонатных толщах.
2. По величине генетического показателя пристан/фитан можно заключить, что асфальтит соответствует флюиду морского генезиса. Об этом же свидетельствуют и другие показатели – пристан/ n - $C_{17}H_{36}$ и фитан/ n - $C_{18}H_{38}$.
3. Поскольку асфальтит образовался в морских условиях, о возрасте нефтематеринских толщ, генерировавших его, можно судить по коэффициенту Грандхема и прегнановому индексу. Так, величина отношения стеранов C_{28}/C_{29} , равная 0.31, по Грандхему соответствует силуру, а по прегнановому коэффициенту – отношению суммы прегнанов $C_{21}-C_{22}$ к сумме прегнанов $C_{21}-C_{22}$ и регулярных стеранов $C_{27}-C_{29}$, равному 9.0%, – возрасту старше силура. Для органического же вещества пород пермского возраста, в которых залегают асфальтит, эти коэффициенты должны составлять 0.58 и 25% соответственно. Иными словами, асфальтит находится во вторичном залежании.
4. Среди терпанов наблюдается повышенная концентрация гомогопана состава C_{35} (величина отношения $\Gamma_{35}/\Gamma_{34}=1.40$) и превазирование адиантана над гопаном ($\Gamma_{29}/\Gamma_{30}=1.31$). Это свидетельствует о том, что осадконакопление происходило в карбонатных толщах в восстановительных условиях. Большая величина отношения Γ_{30}/C_{T29} свидетельствует о широком развитии бактериальных процессов в осадках. Необходимо отметить и то, что в образцах отсутствуют неоадиантан и гомогопан.

Таким образом, распределение углеводородов-биомаркеров – n -алканов, изопренанов, стеранов и терпанов, свидетельствует о том, что осадконакопление происходило в карбонатных толщах в восстановительных условиях. Распределение стеранов и терпанов позволяет сделать вывод, что асфальтит достаточно зрелый, находится во вторичном залежании и, скорее всего, нефтематеринскими толщами для него являются силур/ордовик. Для окончательного подтверждения указанных выводов необходимо изучить закономерности распределения углеводородов-биомаркеров в органическом веществе пермской системы, а также продукты мягкого термоллиза асфальтенов с последующим изучением распределения углеводородов-биомаркеров для сравнения с ними в асфальтите.

Список литературы:

1. Peters K.E., Moldovan J.M. The Biomarkers Guide. Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments. Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice Hall, 1993. 363 p.
2. Grantham P.J., Wakefield L.L. // Org. Geochem. 1988. V. 12. P. 61.
3. Копрова Н.А., Андреев В.Н., Ведунова Н.К., Кузьминова М.Г., Поляков К.В. Условия образования жильных месторождений асфальтита на территории Куйбышевской и Оренбургской областей. Труды Куйбышевск. НИИ НП. 1961. В.7. 123 с.
4. В. Ю. Керимов, Г.Н. Гордадзе, А.Л. Лapidус, М.В. Гируц, Р. Н. Мустаев, Э.М. Мовсумзаде, Ф.Г. Жагфаров, М.В. Захарченко Физико-химические свойства и генезис асфальтитов Оренбургской области // Химия твердого топлива, 2018, № 7, с. 59–67.

ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ И МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН РАЗУПЛОТНЕНИЯ В ФУНДАМЕНТЕ КЫУЛОНГСКОГО БАССЕЙНА

Нгуен М.Х., Горюнов Е.Ю., Нгуен З.М.

nguyenminhhoa1988@gmail.com, eyugoryunov@yandex.ru, muoind84@gmail.com,

МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

В фундаменте Кыулонгского бассейна на шельфе южного Вьетнама открыт целый ряд месторождений углеводородов: Белый Тигр, Дракон, Заря, Рубин, Черный Лев, Желтый Туец, Восток, Коричневый Лев, Тханлонг и др. Самым крупным с запасами более 500 млн. т и наиболее изученным является нефтяное месторождение Белый Тигр. Остальные месторождения относятся к средним и мелким по запасам.

На основе изучения геологического строения этих месторождений выделен ряд основных критериев, которые позволяют прогнозировать и обосновывать перспективность локальных структур и возможных скоплений углеводородов в породах кристаллического фундамента: структурно-геоморфологические, тектонические, литолого-петрографические, геодинамические, флюидо-динамические критерии.

Из всех выделенных критериев, на взгляд авторов важнейшими является наличие коллекторов и покрышек в фундаменте, которое определяет объем нефти и газа в залежах. В связи с этим, задача их прогнозирования и локализации в теле выступа фундамента является чрезвычайно актуальной и решению этой задачи в значительной степени посвящена данная работа.

Основным вмещителем нефти являются зоны разуплотнения пород фундамента, образование которых может быть связаны с двумя процессами – гипергенными и тектоническими. По мнению авторов последние играют основную роль в их образовании.

С целью выделения разрывных нарушений, к которым приурочены зоны разуплотнения, в породах фундамента был применён ряд методов, основанных на интерпретации сейсмических данных 3D, включающий расчет и анализ сейсмических атрибутов, таких как Variance, Ant-tracking, Сембланс.

В процессе интерпретации сейсмических материалов 3D были прослежены тектонические разломы и дана их классификация по времени их заложения и ориентации. Применение атрибутов Ant-tracking и Variance наряду с традиционным прослеживанием разрывных нарушений по кубу амплитуд позволило выделить разломы трёх возрастных категорий: относительно наиболее древние, прослеживаемые только в фундаменте; разломы, прослеживаемые как в фундаменте, так и в осадочных отложениях олигоцена, но не выходящие за его пределы и наиболее молодые, следящиеся от фундамента до миоцена и четвертичных отложений. В ряде случаев, разломы этого типа находят отражение в морфологии дна шельфа, что свидетельствует об их современной активности.

Для выявления зон разуплотнения в фундаменте авторами был рассчитан атрибут Сембланса, реализованный в программном продукте Инпрес, разработанном в АО «ЦГЭ».

Как оказалось, что данные зоны приурочены к молодым активным разломам и скважины, вскрывшие их, характеризуются значительными устойчивыми в течение длительного времени дебитами.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИИ ПХГ НА ПРИМЕРЕ КАСИМОВСКОГО ПХГ

Никитин Р.С., Квятковская С.С.

R.Nikitin@phg.gazprom.ru, S.Kvyatkovskaya@phg.gazprom.ru

ООО «Газпром ПХГ», Москва, Россия

С целью соблюдения требований законодательства в области охраны недр, обеспечения безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, в соответствии с локальными документами ПАО «Газпром», а также с целью выполнения необходимого комплекса маркшейдерских работ, на подземных хранилищах газа ООО «Газпром ПХГ» проводится геодинамический мониторинг современного состояния недр при эксплуатации ПХГ.

Как известно, отличием ПХГ от месторождений углеводородов, прежде всего, является циклическое переменное динамическое воздействие на весь комплекс пород коллектора и перекрывающих его отложений, проявляющееся на этапах отбора и закачки газа в пласт-коллектор. Влияние данного воздействия при неоднородности распределения физико-механических свойств пород коллектора и «покрышек» может приводить к развитию дренирующих трещин, развитию значительных относительных деформаций пород, оказывающим воздействие на разупрочнение обсадных материалов колон скважин (цементный камень и металлические трубы), заколонным перетокам газа, а также повышенной трещиноватости в зонах разломов вплоть до земной поверхности. В этих случаях необходимо учесть опасность деформаций геологической среды за счет процессов современной активизации разломных зон под зданиями, сооружениями и коммуникациями.

На подземных хранилищах газа ООО «Газпром ПХГ» геодинамический мониторинг проводится в соответствии с Проектом геодинамического полигона. Проект разрабатывается на основе горно-геологического обоснования, в котором уточняется литолого – стратиграфический разрез объекта ПХГ, проводится структурное дешифрирование по космическим снимкам и выявляются зоны повышенной трещиноватости (зоны разломов) с применением геолого-геофизических методов: сейсморазведки, гравиразведки, проводится количественная оценка (математическое моделирование) возможных смещений земной поверхности.

На основе разработанного и утверждённого в установленном порядке Проекта проводятся систематические (повторные) маркшейдерско-геодезические и геофизические наблюдения на специально созданном геодинамическом полигоне (реперах).

К основным методам геодинамического мониторинга, применяемых на ПХГ относятся:

- высокоточное геометрическое нивелирование II класса - для определения вертикальной составляющей векторов смещения (деформации) земной поверхности;
- высокоточные двухчастотные GPS-измерения - для определения горизонтальной составляющей смещения;
- повторные гравиметрические наблюдения - направлены на выявление локальных вариаций во времени силы тяжести на земной поверхности, обусловленных изменениями плотностных характеристик горных пород на глубине в зонах разломов и определения границы (зоны) газо-водяного контакта при закачке и отборе газа в объекте хранения;
- радарная интерферометрия. Современный метод наблюдения за деформацией земной поверхности и представляющий собой обработку двух или более разновременных съёмок, сделанных радиолокационной спутниковой антенной с одной приёмо-передающей антенной.

Сравнительный анализ методов, используемых для геодинамического мониторинга подземных хранилищ газа, рассмотрим на примере Касимовского ПХГ.

Касимовское ПХГ – базовое подземное хранилище газа, предназначенное для регулирования сезонной неравномерности потребления газа, обладающее значительным потенциалом по суточному отбору. ПХГ расположено в Касимовском районе Рязанской

области. Искусственная залежь расположена в шигровском горизонте среднего девона и представлена терригенными отложениями.

На территории горного отвода Касимовского ПХГ геодинамический мониторинг проводится с 2011 года. В соответствии с «Проектом геодинамического полигона Касимовского ПХГ» заложено 5 профильных линий (159 реперов). Профили пересекают подземное хранилище газа как вдоль, так и поперек простираения структуры, начинаются и заканчиваются за пределами контура пласта-коллектора (за границами горного отвода).

С учетом физико-географических условий и цикличностью эксплуатации ПХГ (отбор-закачка газа) повторные высокоточные маркшейдерско-геодезические и гравиметрические наблюдения проводились 2 раза в год в нейтральные периоды эксплуатации ПХГ при максимальном и минимальной давлении в пласте-коллекторе.

В 2016 году был проведен анализ повторных высокоточных маркшейдерско-геодезических наблюдений, выполненных в период с 2011 по 2014 годы. Также были рассмотрены архивные радиолокационные данные (снимки) со спутника ALOS PALSAR за период с 2007 по 2011 годы. Данные по радарным съемкам не перекрываются во времени с проведением геодезических наземных наблюдений в связи с тем, что на период с 2011 по 2014 год архивные данные по спутниковым съемкам территории Касимовского ПХГ отсутствуют.

По результатам анализа используемых методов геодинамического мониторинга на Касимовском ПХГ были сделаны следующие выводы:

1) Результаты анализа данных высокоточного нивелирования II класса выявили интенсивные циклические деформации земной поверхности, связанные с отбором и закачкой газа. Среднегодовые накопленные (с учетом знака) скорости относительных деформаций составляют величины порядка $1.5 - 2 \cdot 10^{-5}$ в год. А также, по одной разломной зоне, которая расположена в центральной части ПХГ, оценка среднегодовых относительных деформаций земной поверхности, которая проведена с учетом накоперемненности аномалий, показала, что они (значения деформации) заключены в диапазоне $1-2 \cdot 10^{-5}$ в год, что позволяет отнести эту разломную зону к категории опасных.

2) Анализ проведенных спутниковых GPS-измерений показал полное отсутствие их корреляции с данными высокоточного нивелирования II класса. Отмечается наличие хаотичной картины изменения величин и направлений горизонтальных смещений. Амплитуды горизонтальных смещений составляют в подавляющем большинстве случаев величины порядка 20 - 30 мм, изредка 60 мм. При этом, интенсивные движения характерны и для тех разломных зон, на которых не были выявлены аномалии вертикальных смещений по данным повторного нивелирования. Величины горизонтальных смещений практически на порядок превышают амплитуды вертикальных. Полученные результаты спутниковых GPS-измерений оказались для наблюдения на ПХГ неинформативными.

3) Анализ распределения вертикальных смещений земной поверхности по архивным данным спутниковой радарной интерферометрии позволил сделать следующие выводы:

- На территории Касимовского ПХГ зарегистрированы беспорядочные в пространстве очаги вертикальных смещений земной поверхности, характеризующиеся цикличной во времени динамикой смещений;

- Цикличность смещений не коррелирует однозначно с циклами закачки-отбора газа в ПХГ;

- Амплитуды вертикальных смещений земной поверхности, полученные по данным интерферометрии, изменяются в пределах 30 – 40 мм, что в 3–4 раза выше, чем по данным повторного нивелирования, в то время как изменения пластового давления в обоих случаях имели примерно одну величину. Одинаковые значения амплитуд смещений земной поверхности в границах горного отвода и за его пределами свидетельствует о невозможности выстраивания связи этих смещений с эксплуатацией ПХГ, следовательно, метод радарной спутниковой интерферометрии является малоэффективной для целей геодинамического мониторинга Касимовского ПХГ.

ВЛИЯНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗОНАЛЬНОСТЬ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Никонов А.И.

59nikson@gmail.com, ИПНГ РАН, г. Москва, Россия

В последние десятилетия в науках о Земле и в нефтегазовой геологии, четко, обозначились подходы к решению проблемы флюидного режима планеты, где одни авторы считают, что вода и углекислота выделяются из мантии и проникают в земную кору, а другие говорят о том, что они являются вторичными компонентами химических реакций между водородом, углеводородами и кислородом, протекающих в земной коре в процессе её временных изменений.

На примере гидридной концепции В.Н. Ларина дегазация водорода могла привести к образованию силикатно-окисной внешней оболочки, где переход гидридов в металлы сопровождался разуплотнением планеты и увеличением её объема.

В работе [1] приводится физическое обоснование процесса водородной дегазации и её взаимодействия с твердой фазой пород средней и верхней мантии, где происходит аморфизация структуры вещества, а диффузия таких основных газов как водород и гелий осуществляется по междоузельному механизму, приводящему к изменению его свойств и, как следствие, появлению расслоенности сейсмических границ.

Безводный характер гранулитового метаморфизма, преобладавшего в раннем архее связан с тем, что реакции окисления Si, Mg, Ca, Al и других петрогенных компонентов могут протекать только в восстановительной среде.

Существующие современные представления о восстановительном характере мантии на ранних этапах формирования Земли на основе среднего состава оливина и значений летучести кислорода (fO_2) характеризуются на 5 логарифмических единиц ниже, чем в астеносферных и литосферных слоях. Это позволяет предположить, что в составе планетарного вещества преобладающими летучими компонентами должны быть CH_4 и H_2 в равновесии со свободным углеродом (графит, алмаз).

Проведенный анализ обобщенных данных [2] показал, что особенность взаимодействия CH_4 , H_2 и C с силикатными расплавами в результате плавления восстановленной углеводородсодержащей планетарной мантией будут выплавляться магмы, в которых присутствуют более окисленные формы углерода и водорода, чем в самом мантийном источнике. С этих позиций переход восстановленной мантии в расплавленное состояние может приводить к H_2O и CO_2 , поступающих на поверхность планеты на ранних стадиях её развития за счет сильного разогрева вещества при прохождении окислительных реакций.

По данным [3] уже на уровне верхней мантии и низов земной коры, восстановленные флюиды вызывают «сухое» плавление твердого субстрата, где с магматическими расплавами сосуществуют флюиды состоящие из H_2 , CO, CH_4 , C_nH_n , N_2 , H_2S , HCl, HF и незначительного количества воды.

В верхней зоне, в пределах гранитно-метаморфического и осадочного чехла происходят процессы интенсивного окисления вышеприведенных глубинных флюидов с образованием воды и углекислоты. Эти процессы, приуроченные к определенным активным геодинамическим зонам, характеризуются экзотермическими реакциями, которые приводят к очагам внутреннего магматизма и формированию высоко градиентных тепловых потоков. Происходящие физико-химические преобразования в этих зонах глубинного вещества планеты приводят к зарождению высокотемпературных магм, высвобождению больших количеств ювенильных вод и формированию гидротермальных систем сложного состава. Проникновение гидротерм, насыщенных растворенными в них газами, в породы фундамента и чехла с разными термобарическими условиями, имеющих сниженные параметры температуры и давления по сравнению с зонами их первоначального формирования, приводят к их разгазированию и рудоотложению в областях разгрузки.

Поэтому проявление глыбового тектогенеза, дифференциации магматических расплавов и длительной «эволюции» сопряженных с ними гидротерм стало возможным только с возникновением мощной стабилизированной земной коры.

Предшествованием образования таких тектонических структур как авлакогены и рифты по данным многих исследователей (Л.И. Салоп, 1982; В.Л. Масайтис и Ю.Г. Старицкий, 1963; В.Е. Хаин, 1971; Л.В. Григорьева, 1986; Б.Ф. Уиндли, Дж.В. Смит, В. Рама Мёрти, 1980 и др.) явился период докембрийской тектоно-магматической активизации.

Источником нефтегазообразующих флюидов по данным П.Ф. Иванкина, Н.И. Назаровой (2001), Р.П. Готих, Б.И. Писоцкого, А.В. Егоркина и др. (2002), А.Е. Лукина (2008), А.А. Кадика (2012) являются глубинные системы С-Н-О-N-S, уровни зарождений которых лежат, по крайней мере, вне поля развития осадочных комплексов пород. Поля стабильности восстановительных флюидов при различных параметрах Р, Т, fO_2 позволяют говорить о возможности синтеза углеводородов в пределах верхней мантии на границе с земной корой, что подтверждается термодинамическим моделированием.

Увеличение толщины литосферы с поверхности в геологическом времени будет приводить к условиям создания аномально высоких пластовых давлений в породах за счет проникновения глубинных флюидов, но снижению тенденций к их прорыву за счет слабой аморфизации вещества пород и увеличения геостатического давления. В связи с чем, главными механизмами формирования зон скоплений УВ и других газов будут являться геодинамические процессы, связанные с вертикальными движениями блоков земной коры в рифтовых зонах при образовании локальных структур и активизация разломных зон [4, 5], которые и создают, в большинстве случаев, структурные ловушки и вертикальную зональность распространения углеводородных залежей, а также изменение состава углеводородов за счет фазовой дифференциации флюида при поступлении его с глубины в породы осадочного чехла. Процесс диффузии флюидов в породах осадочного чехла протекает достаточно медленно, в связи с чем, их перемещение в вышележащие горизонты будет осуществляться по зонам вертикальных разломов, активизация которых происходит на этапе геодинамической перестройки территории в процессе формирования локальных структур. Это подтверждается вертикальной зональностью большинства углеводородных месторождений, в которых этаж нефтегазоносности может составлять от 200 до 500 метров и более.

Литература

1. Гуфельд И.Л. Геологические следствия аиорфизации структуры литосферы и верхней мнтии, вызванные водородной дегазацией. / *Геодинамика и тектонофизика*. № 3(4). 2012. С. 417-435.
2. Кадик А.А., Жаркова Е.В., Коваленко В.И., Ионов Д.А. Окислительно-восстановительные условия в верхней мантии: экспериментальное определение летучести кислорода минералов передетитовых ксенолитов вулкана Шаварын-Царам (Монголия). // *Геохимия*. № 6. 1988. С. 783-793.
3. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Глубинная флюидизация земной коры и ее роль в петродуогенезе, более- и нефтеобразовании. М.: ЦНИГРИ. 2001. 206 с.
4. Никонов А.И. Генезис образования УВ и проблемы нефтегазовой геологии / В книге: *Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности (теоретические и прикладные аспекты)* Тезисы докладов Всероссийской конференции. Редактор: А. Н. Дмитриевский. 2007. С. 173-174.
5. Никонов А.И. Роль рифтогенеза в формировании месторождений углеводородов и их структурной неоднородности / *Научно-технический сборник Вести газовой науки*. № 1. 2012. (9). С. 101-112.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА КОМПЛЕКСОМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В КАРБОНАТНОМ РАЗРЕЗЕ

Никулин Б.А.¹, Чуткерашвили С.Е.², Скибickaя Н.А.³

¹МГУ им М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

²ВНИГНИ, г. Москва, Россия

³ИПНГ РАН, г. Москва, Россия

При поисково-разведочных работах с целью выделения нефтематеринских толщ и оценки генерационных возможностей битумоидных компонентов необходима интеграция геохимических, петрофизических и геофизических исследований. Для решения этих задач, совместно с каротажными методами исследований, используются современные лабораторные геофизические методы (ЯМР, ЭПР, ГМ-С), газовые хроматографы, методы пиролиза (Rock-Eval), анализаторы шлифов и др., а также статистические методы обработки данных [3,4].

В настоящей работе, приводятся результаты оценки содержания органического вещества (ОВ) и битумоидов геофизическими и геохимическими методами в карбонатном разрезе скважин палеозойских отложений, представленных чередованием доломита, мергеля, гипса и песчано-глинистых слоев с видимым присутствием органики и расположенных в Калужской области (скважина №1 МГУ), и скважины в Оренбургской области. Эти объекты различаются термобарическими условиями формирования породы. Скважина №1 МГУ вскрывает девонские отложения на глубине 300м. Породы палеозоя во втором случае вскрыты на глубине 1-3 км.

Исходными данными для исследований в скважине №1 МГУ были каротажные измерения методами: ГК-С(U,Th,K), БК, ГМ-п; петрофизические и геохимические измерения проводились на кернах скважины: пиролиз (Rock-Eval), газовые хроматографы, спектральный рентгеновский анализ, ГМ, Кп, каппаметрия, плотностной ГМ и др. При анализе учитывалась стратиграфия и геологическое описание кернов [1].

По данным каротажа, выделены 15 представительных образцов кернов и проведен геохимический анализ в лаборатории ВНИИГеосистем [Чуткерашвили С.Е., Литвинова В.Н., 2015г.]. В результате анализа получены параметры и коэффициенты пиролиза, содержание ОВ, метана и других компонентов сорбированных газов.

Результаты пиролиза образцов представлены на рисунке 1. Из общего объема информации результатов геохимического анализа выделены: содержание ОВ и метана, а также тип керогена и степень его преобразованности. По соотношению T_{max} и Н1 можно предположить, что мы имеем дело с керогеном Ш и смешанного гумусо - сапропелевого типа с крайне низким уровнем преобразованности (стадия ПК). Пределы по содержанию ОВ и метана отражены в таблице 1.

Используя содержание ОВ в качестве эталона, проведен регрессионный статистический многомерный анализ данных ГИС, петрофизики и метана на предмет их взаимосвязи с ОВ в породе. В таблице 1 приводятся результаты вычислений ОВ% с коэффициентами корреляции (r) по геохимическим и геофизическим данным. Как известно, геохимический метод напрямую связан с ОВ, в то время как, геофизические методы - косвенно через геологические параметры. В результате анализа информативности разных геофизических методов был выбран спектрометрический гамма-метод (СГК), в частности, с отношениями Th/K и Th/U.

Корреляция ОВ с отношениями Th/K и Th/U достаточно высока и может использоваться на практике. Корреляция ОВ с метаном, Th/K, Th/U еще выше, при этом основную факторную нагрузку несет метан. Соотношения U,Th,K в спектрометрическом методе ГМ-С являются весьма информативными косвенными методами и отражают в себе как минералогическую так и фациальную обстановку разреза скважины. В плане практического применения, следует заметить также, что

информацию о содержании метана можно получить из результатов газового каротажа, однако это необходимо подтвердить дополнительными исследованиями.

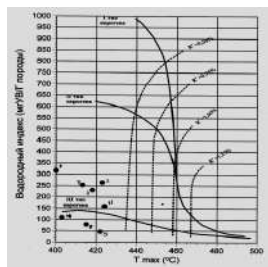


Таблица 1

ОВ от 0.27 до 28 (вес.%)
CH ₄ от 1 до 25 (10-2 см ³ /кг)
OB= F (Th/K, Th/U), r = 0.86
OB= F (Th/K, Th/U, CH ₄), r = 0.95

Рисунок 1. Результаты пиролиза образцов

В настоящее время, в связи с детальными исследованиями битуминозных пород карбонатного типа, вопрос природы их радиоактивности стал вновь актуальным. Наиболее распространенным мнением о причине радиоактивности битуминозных пород считается адсорбция ионов урана на глинистом и органическом материале в морских восстановительных условиях осадконакопления, осаждение урана из пластовых вод на геохимическом барьере, например, в зонах ВНК и разрушенных нефтяных месторождений. Указывается, что для одних разновидностей связь урана с битумом положительна, а для других – отрицательна. Отличительной чертой этих разновидностей является различное соотношение С, Н, О, N в битуме, унаследованное от первичной сапропелевой или гумусовой органики и степени его преобразованности [2].

В докладе представлено 3-х мерное распределение ВМС и радиоактивности по глубине скважины. Видимая корреляция наблюдается в верхней и нижней частях разреза. В верхней ее части на глубинах 1350 – 1450 м. (Sm, Art) эта связь положительна, а в нижней 1800 – 2000м. (C2) – отрицательна, что свидетельствует о значительной зрелости ВМС в нижней части разреза. Средняя часть разреза характеризуется слабой связью. При этом остается открытым вопрос об “ураганных” значениях ВМС и урана, возможно связанных с их перемещениями и концентрации в ослабленных, разуплотненных зонах.

Заключение

Полученные результаты позволяют по данным каротажа (ГМ-С), и содержания метана оценивать концентрацию ОВ и формулировать критерии выделения нефтематеринских интервалов карбонатных пород.

Результаты изучения связи типа битумоидных (ВМС) с данными ГИС отложений Оренбургского месторождения выявило следующее: уверенной положительной связи ВМС с ураном по всему разрезу скважины выявить не удалось. Исключением являются чистые низкопористые известняки с содержанием урана и ОВ ниже среднего значения и низкой преобразованности кератена.

Литература

1. Пекин А.А., Гатовский Ю.А., Поляной Б.В. Верхнедевонские и нижнекаменноугольные отложения юго-запада московской синеклизы по данным бурения Александровской скважины (Калужская область) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. геология. 2011. №1.
2. Пеньков В.Ф., Уран и углеводороды. Москва, Недра, 1989г. 143с
3. Титаева Н.А., Ядерная геохимия, изд. Московского университета, 2000г. 235с.
4. Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник. Под ред. М.М. Добрынина М.: Недра. 1988.

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ СЛОЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ Efi-Field, НИГЕРИЯ

Оффiong М. Б.

mikky2462002@yahoo.com, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Дельта Нигера входит в число самых богатых мировых углеводородных провинций в мире. Это самая большая водно-болотная местность в Африке, расположенная на континентальных окраинах Гвинейского залива между 3⁰ и 6⁰ градусами северной широты и 5⁰ и 8⁰ градусами восточной долготы. На сегодняшний день в Нигерии на долю бассейна приходится более 80% добычи углеводородов.

Геологическое строение дельты реки Нигер сложено из пород мезозойского и кайнозойского возраста. Отложения верхнего мезозоя представлены породами мелового возраста, залегающих с угловым и стратиграфическим несогласием на породах архея. Геологический разрез отложений начинается с нижнего мела (K1), широко распространены осадки верхнего мела (K2), палеогенового (P1 - P3), неогенового (N2) и четвертичного периодов.

Геологическая структура современной дельты Нигер имеет бассейновую структуру, определяющуюся внутренней экстенсией зонами литрических разломов под внешней частью шельфа, поступательными зонами диапиров и сланцевых гребней под внешней частью склона, а также более низкой компрессионной зоной. Литостратиграфические единицы определены в недрах дельты Нигер, в возрасте, отражающем общую регрессию условий осадконакопления в пределах дельты. Дельта состоит из тех широких формаций, а именно:

- I. Формация Benin (Олигоцен до настоящий),
- II. Формация Agbada (эоцен до настоящий) и
- III. Формация Akata (палеоцен до настоящий).

Формация Akata имеет морское происхождение, и состоит из сланцев, глин и илов. Формация была сформирована в низинах, когда наземные органические вещества глины переместились в глубоководные области, характеризующиеся низкими энергетическими условиями и дефицитом кислорода. Толщина формации Akata составляет приблизительно 7000 м и характеризуется как нефтематеринская порода.

Формация Agbada состоит из последовательных прослоек песчаников и сланцев. Обломочный слой был накоплен в дельта-фронте, верхнем слое дельты и речной среде. Практически все скопления углеводородов дельте Нигер сдержатся в песчаниках формации Agbada. Сланцевые формирования образуют непроницаемые барьеры на пути дальнейшей миграции углеводородов¹. Ормирование Agbada имеет толщину около 3500 м (11500 футов), представляющий фактическую дельтовую часть последовательности. Также в образовании Agbada присутствуют глинистые минералы с небольшим количеством кварца, полевого шпата, карбонатов, пирита и других песчаников формации, а также слабо сцементированные крупнозернистые и мелкозернистые кварцы.

¹ Short, K.C., Stauble, A. J, (1967). Outline of Geology of Niger-delta. *AAPG Bulletin*, 51, 761-779.

Геологическое строение «Efi-Field» сложены породы кайнозойского возраста. Геологический разрез отложений начинается с палеогенового (P₁ - P₃), неогенового (N₂) и четвертичного возрастов. В пределах месторождения выделяется три скважины (1, 2, 3)

Петрофизические Свойства

Для того чтобы различать между интервалом песка и сланца, был использован значение сланцевого объёма 0,32, а значение пористости 0,12 был использован чтобы распознать порода-коллектор. Для того, чтобы отметить зону платы, дополнительно применялось значение 0,80 для водонасыщения.

Ниже представлены таблицы показывают средние петрофизические свойства песков, несущих углеводород встречающихся с скважиной 01, 02 и 03.

РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ

Пак Д.Ю., Пак Ю.Н., Желаева Н.В., Сыздыков Н.Е.

Pak_kargtu@mail.ru, КапГТУ, г. Караганда, Казахстан

Сернистость является важнейшей характеристикой углей. Информация о содержании серы необходима как при металлургическом переделе, так и при использовании угля в качестве энергетического сырья. В технологическом топливе сера отрицательно влияет на доменный процесс, его экономику и качество вырабатываемой продукции. Наличие серы повышает расход кокса, частично переходя в металл, ухудшает его. Использование высокосернистых углей в энергетике отрицательно сказывается на экологии. Оксиды серы, выбрасываемые с дымовыми газами, загрязняют воздушный бассейн. В процессе хранения отходов угледобычи и переработки за счет окисления пирита происходит выделение сернистого газа и серной кислоты. Все выше сказанное актуализирует необходимость получения оперативной информации о содержании серы.

Традиционный химический анализ углей на сернистость характеризуется высокой трудоемкостью (длительность одного анализа ~ 10 час.), низкой представительностью и деструктивностью. Свободным от указанных недостатков являются ядерно-физические методы, среди которых наибольшее применение получил рентгенофлуоресцентный способ, не уступающий в точности и заметно превосходящий по производительности, представительности и оперативности.

Радиоизотопный рентгенофлуоресцентный метод нашел широкое применение при элементном анализе различных веществ, благодаря сравнительно высокой чувствительности анализа, его недеструктивности и простоте в аппаратной реализации. Важное значение приобретает правильный выбор энергии первичного гамма-излучения для возбуждения рентгеновской флуоресценции определяемого элемента. Чем ближе E_0 к нижнему пределу (1 E_K), тем выше эффективность возбуждения рентгеновской флуоресценции элемента. Чем ближе E_0 к верхнему пределу (3 E_K), тем выше относительная чувствительность метода к определяемому элементу. На практике выбор первичного источника как правило осуществляют в зависимости от состава анализируемого вещества, атомного номера определяемого элемента, эффективного атомного номера наполнителя вещества, диапазона флуоресцентных компонентного состава на основе компромисса между требованиями достижения повышенной чувствительности метода к определяемому элементу и эффективности возбуждения флуоресценции.

В процессе облучения угля низкоэнергетическим гамма-излучением радионуклидного источника железо-55 (5,9 кэВ) и регистрации флуоресцентного излучения серы (2,3 кэВ) и рассеянного углем гамма-излучения дополнительно измеряют интенсивность флуоресцентного излучения кальция (3,7 кэВ), находят отношение Ψ интенсивности флуоресцентного излучения серы к интенсивности флуоресцентного излучения кальция, а содержание серы в угле определяют по величине найденного отношения Ψ интенсивностей флуоресцентного излучений серы и кальция совместно с отношением измеренной интенсивности флуоресцентного излучения кальция к интенсивности рассеянного углем гамма-излучения.

При рентгенофлуоресцентном анализе угля на серу, энергия К-края поглощения которого равна 2,4 кэВ, наиболее оптимальным источником первичного гамма-излучения является радионуклид железо-55, испускающий кванты с энергией 5,9 кэВ. В этом случае рентгеновская флуоресценция серы возбуждается не только за счет первичного гамма-излучения, но и за счет флуоресцентного излучения кальция ($E=3,7$ кэВ), возникающего при фотоэлектрическом поглощении первичного гамма-излучения атомами кальция.

Вклад избирательного возбуждения серы за счет рентгеновской флуоресценции кальция преимущественно зависит от концентрации кальция в угле. Отсюда отношение Ψ интенсивности флуоресцентного излучения серы к интенсивности флуоресцентного излучения кальция будет функцией, зависящей от содержания серы и кальция в угле.

Минеральная масса угля преимущественно сложена легкими (Al, Si, S) и тяжелыми (Ca, Fe) элементами. При использовании источника железо-55 с энергией 5,9 кэВ самым тяжелым элементом становится кальций, а железо ($E_K=7,1$ кэВ) по гамма-ослабляющим характеристикам становится сопоставимым с легким элементом – алюминием. Поэтому учет дестабилизирующего влияния непостоянства кальция при рентгенофлуоресцентном анализе сернистости важен с точки зрения достижения высокой точности анализа.

Точное определение сернистости угля осуществляют по найденному отношению Ψ интенсивностей флуоресцентного излучений серы и кальция совместно с отношением измеренной интенсивности флуоресцентного излучения кальция к интенсивности рассеянного углем гамма-излучения.

Предлагаемый способ апробирован применительно к углям, содержание серы в которых менялось в диапазоне от 0,5 до 2,5%.

В качестве первичного гамма-излучения выбран радионуклид железо-55 (5,9 кэВ). Во вторичном спектре выделяется аналитическая линия серы (2,3 кэВ), аналитическая линия кальция (3,7 кэВ) и рассеянное углем гамма-излучение (5,9 кэВ).

Дополнительно измеренная интенсивность рентгеновского флуоресцентного излучения кальция несет информацию о содержании кальция, вносящим вклад в избирательное возбуждение серы за счет рентгеновской флуоресценции кальция, а отношение Ψ интенсивностей флуоресцентного излучений серы и кальция является функцией, зависящей от содержания серы и кальция в угле.

Однозначное определение содержания кальция проводят путем нормировки измеренной интенсивности флуоресцентного излучения кальция на интенсивность рассеянного углем гамма-излучения. На пробах углей с известным содержанием серы строят зависимости отношения Ψ интенсивности флуоресцентного излучения серы к измеренной интенсивности флуоресцентного излучения кальция от содержания серы при различных содержаниях. С помощью предварительно построенных градуировочных зависимостей сернистость углей определяют следующим образом. На пробе угля неизвестной сернистости дополнительно измеряют интенсивность флуоресцентного излучения кальция, находят отношение Ψ интенсивности флуоресцентного излучения серы к интенсивности флуоресцентного излучения кальция, а содержание серы определяют по величине найденного отношения Ψ совместно с отношением измеренной интенсивности флуоресцентного излучения кальция к интенсивности рассеянного углем гамма-излучения.

Литература

1. Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. Радиоизотопный экспресс-контроль качества углей переменного состава. Журнал «Кокс и химия», Москва, №4, 2011, С. 14-20.
2. Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. – М.: Недра, 1985.
3. Клемпнер К.С., Васильев А.Г. Физические методы контроля зольности угля. – М.: Недра, 1978.
4. Ю.Н. Пак, М.В. Пономарева, Д.Ю. Пак. Радиоизотопный рентгенофлуоресцентный анализ угля на серу с учетом эффекта подвозбуждения. Журнал «Кокс и химия», Москва, №8, 2012, С. 8-11.
5. Ю.Н. Пак, М.В. Пономарева. К методике оптимизации параметров рентгенорадиометрического метода применительно к оценке сернистости углей. Труды университета КарГТУ, 1996. вып.1, с. 252-255.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ИЗВЕСТНЯКОВ ЖИГУЛЕВСКО-ПУГАЧЕВСКОГО СВОДА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Рахимова Е.В.¹, Агафонова Г.В.²

¹elenasamykina@rambler.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

²agafonovagalina@inbox.ru, ВНИГНИ, г. Москва, Россия

В пределах Жигулевско-Пугачевского свода во франских и фаменских отложениях верхнего девона изучались биоморфно-детритовые, кальцисферовые и вторично-комковатые известняки. Материалом для исследований послужили данные по скважинам площадей Жигулевско-Пугачевского свода (Троекуровская, Хворостянская, Жигулевская и т.д.), было изучено более 300 шлифов.

В известняках с разными структурами встречаются комки-образования различного происхождения изометричной, неправильно изометричной, овальной формы, сложенные пелитоморфным кальцитом. Среди седиментационных компонентов выделяются комки грануляции (3), комки микробияльного происхождения, микрокополиты, среди постседиментационных – комки заполнения (1). К комкам могут быть отнесены интракласты- фрагменты пелитоморфного, частично литифицированного карбонатного ила. Диагностика комков разного происхождения вызывает затруднения из-за отсутствия для них четких диагностических признаков. В биоморфно-детритовых верхнедевонских известняках встречаются комки грануляции и микробияльные комки. Комки грануляции развиваются по раковинам фораминифер, поэтому к ним следует относить компоненты с сохранившимися реликтами первичного строения. Форма и размер комка зависит от формы и размера раковины и составляет в среднем 0,3-0,4 мм. Комки грануляции по фораминиферам отличаются четкими контурами и округлыми формами. Микробияльные комки являются результатом деятельности микроорганизмов, не имеют четких границ, характеризуются неправильно изометричной или округлой формой, размером 0,05-0,12 мм. При слиянии друг с другом микробияльные комки могут образовать сплошную массу пелитоморфно-комковатого строения.

Комки заполнения образуются в результате выполнения скелетных полостей внутри раковин фораминифер, гастропод, двустворок, а также водорослей, с последующей перекристаллизацией стенок скелетов и превращения их в агрегат янкристаллического кальция. Комки заполнения характерны для водорослевых известняков. Перекристаллизация стенок талломов трубчатых водорослей и обособление комков заполнения приводит к образованию вторично-комковатых известняков, часто принимаемых за обломочные карбонатные породы, а комки заполнения – за интракласты. Форма комков заполнения в поперечных сечениях трубок водорослей – округлая, изометричная, в косых - овальная, размеры зависят от вида водоросли, в верхнедевонских известняках составляют 0,07-0,14 мм. При детальном микроскопическом исследовании почти всегда в пределах шлифа можно найти разные стадии перекристаллизации водорослевых талломов, что позволяет проследить их изменения, диагностировать вторичные комки, а, следовательно, и структуру известняка.

Кальцисферовые известняки сложены известковыми сферами (кальцисферами) разного размера рассеянными в пелитоморфном или микрозернистом кальците. Понятие кальцисфера (*Calcsphaera*) был введено Вильямсоном в 1880 г (2). Под ними он понимал пустотелые сферы, часть которых снабжена периферическими выростами; стенка сферы темнее, чем вмещающая ее порода. Кальцисферы имеют биогенную природу - это остатки зеленых и харовых водорослей, фораминифер, радиолярий, а также проблематичные формы, подвергшиеся вторичным изменениям, что затрудняет их диагностику и установление происхождения.

Проведенные исследования кальцисфер франских и фаменских отложений позволили выделить 7 морфотипов. В основе типизации лежит строение стенки – структура, характер укладки зерен, выраженность (четкость), количество слоев.

Первый морфотип: кальцисферы без наружной стенки, имеют сегментное строение, где каждый сегмент представляет собой кристалл. Также к этому морфотипу относятся кальцисферы, сложенные янокристаллическим кальцитом, но с ячеистым строением. Размер сфер составляет 0,08-0,15 мм. Второй морфотип: кальцисферы без наружной стенки с радиально-лучистым строением, с центральным каналом, заполненным пелитоморфным кальцитом размером 0,002 мм. Размер сфер 0,006-0,008 мм. Третий морфотип: кальцисферы с наружной темной тонкой стенкой из пелитоморфного кальцита толщиной 0,001 мм. Размер сфер 0,08-0,1 мм. Четвертый морфотип: кальцисферы с наружной толстой, четко выраженной стенкой толщиной 0,007 мм, радиально-лучистого строения. Размер сфер 0,08-0,14 мм. Пятый морфотип: кальцисферы с наружной тонкой, четко выраженной стенкой из пелитоморфного кальцита и тонкой стенкой радиально-лучистого строения. Толщина стенок 0,003 мм. Размер сфер 0,08-0,14 мм. Шестой тип: кальцисферы разного размера с расплывчатыми границами стенки, состоящей из пелитоморфного кальцита. Внутренняя граница более выраженная, чем внешняя. Толщина стенки варьирует в пределах 0,002-0,04 мм. Размер сферы изменяется до 0,2 мм. Седьмой тип: кальцисферы с рыхлой зернистой стенкой из пелитоморфного кальцита, с четко выраженной внутренней границей и расплывчатой внешней, толщиной 0,001-0,05 мм, в которой часто заключены более крупные светлые зерна кальцита, с шипами разного размера. Размер сфер меньше 0,15 мм.

Детальные исследования показали, что среди кальцисфер первого морфотипа можно распознать измененные гирогониты харовых водорослей и кальцитизированные остатки радиолярий (?). Среди второго – остатки зеленых или харовых водорослей (?). К кальцисферам третьего-пятого морфотипов относятся гладкие формы, представляющие собой результат постседиментационных процессов по остаткам фораминифер (*Parathurammia* и др.), харовых и зеленых водорослей. Третий морфотип можно сопоставить с классическими более или менее гладкими однослойными *Calcisphaera* (по Вильямсону и Е.А. Рейтлингер (2)). Четвертый и пятый типы – с *Radiosphaera* по Е.А. Рейтлингер, характеризующиеся «лучистыми» выростами, которые часто подвергаются изменениям и, по-нашему мнению, не являются определяющим диагностическим признаком. Среди шестого – остатки измененных фораминифер, например *Vicinesphaera* (?); возможно к этому типу можно отнести кальцисферы подвергшиеся микробальному воздействию. К кальцисферам седьмого морфотипа принадлежат фораминиферы *Parathuramminites*, и другие подобного строения.

На данном этапе исследований выделенные морфотипы позволяют диагностировать и разделять кальцисферы по ряду признаков, а также устанавливать их генезис.

Литература:

1. Максимова С.В., Полонская Б.Я., Розонова Е.Д. Методические указания по изучению постседиментационных изменений карбонатных пород нефтегазоносных областей. М.: ИГИРГИ, 1976. 58 с.
2. Рейтлингер Е.А. Характеристика озерских и хованских слоев по микроскопическим органическим остаткам. М.: ГОСГОРТЕХИЗДАТ, 1960. 180 с.
3. Фортунатова Н.К., Карцева О.А., Баранова А.В., Агафонова Г.В., Офман И.П. Атлас структурных компонентов карбонатных пород. М.: ВНИГНИ, 2005. 440 с.

КУМЕРТАУСКОЕ ГАЗОНЕФТЯНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Рашитова И.А.

rashitova.ilvina@yandex.ru, БашГУ, г. Уфа, Россия

Кумертауское газонефтяное месторождение находится на территории Куяргазинского административного района Республики Башкортостан, в 10 км севернее районцентра-с. Ермолаево. Открыто и введено в разработку в 1961. Ближайшие месторождения: Маячное газонефтяное, Северо-Маячное газовое. Регион с развитой инфраструктурой.

Лицензия УФА № 11868 НЭ от 29.10.2003 г. выдана ОАО АНК «Башнефть» сроком до 01.01.2061 г. (продлена).

Тектонически в палеозойском структурном этаже месторождение представляет на востоке Мраковской депрессии одну из вершин регионального Ишимбайского барьерного рифа, субмеридионально простирающегося вдоль внешней границы Предуральского краевого прогиба. Локальный Кумертауский риф представляет собой связку из четырех массивов: Северного, Центрального, Южного и Шабагического. В каждом из них выделено по одной мелкой массивной залежи нефти. На каждой залежи имеется газовая шапка, под нефтяной частью наличествует зона окисленной нефти средней толщиной 20,0 м. Пористо-проницаемые разности органогенных известняков в каждой скважине представляет собой «гирлянду» по разрезу, плохо связанную или не связанную с соседними подобными «гирляндами» в других скважинах. В нижней части рифа присутствует пачка высокопроницаемых «ситчатых» известняков, прослеживаемая по разрезу, и по площади. Преимущественная фильтрация нефти происходит по коллекторам этой пачки.

Промышленно нефтеносны карбонаты рифовой фации ассельско-артинского возраста нижнего отдела пермской системы – P₁ арт-ас.

Пласты-коллекторы – известняки органогенные и органогенно-детритовые, инкрустированные кальцитом, участками и прослоями пористо-кавернозные, прослоями пелитоморфные, плотные трещиноватые. Встречаются прослои доломитов и мергелей. Пористость 14 %, проницаемость 0,210 мкм², средняя нефтенасыщенная толщина 55,5 м. Средняя газонасыщенная толщина 15,0 м. Средняя начальная нефтенасыщенность 0,90 д.е., средняя начальная газонасыщенность не определялась.

Пластовая нефть вязкая (7,0 мПа*с), с содержанием серы 3,4 %, парафина 2,3 % и газосодержанием 93,0 м³/т. Свободный газ (газ газовых шапок) метановый (метана около 78,5 %), с содержанием азота + редкие 9,9-13,03 %. Пластовые воды хлоркальциевого типа плотностью 1,15-1,18 г/см³.

Запасы нефти категории АВС1 следующие: НГЗ=22855,0 тыс.т; НИЗ=6331,0 тыс.т; КИН=0,277.

Месторождение мелкое, связанное с локальным рифовым сооружением в пределах регионального барьерного рифа.

Список литературы

1. А 92 Атлас нефтяных и газовых месторождений, разрабатываемых ПАО АНК «Башнефть». – Уфа, БашНИПИнефть, 2015. - 270 с.
2. Баймухаметов К.С., Викторов П.Ф., Гайнуллин К.Х., Сыртланов А.Ш. «Геологическое строение и разработка нефтяных и газовых месторождений Башкортостана» - г. Уфа: РИЦ АНК «Башнефть», 1997. - 424 с.
3. Геологический словарь. В трех томах. Издание третье, переработанное и дополненное. Главный редактор О.В.Петров (Санкт-Петербург; Издательство ВСЕГЕИ; 2010)
4. Интернет источник - <http://www.mining-enc.ru/k/kumertuskoe-mestorozhdenie>

РОЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИИ ВИЗЕЙСКОГО ТЕРРИГЕННОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА ПЕЧОРСКОГО БАССЕЙНА

Рябинкина Н.Н.

nnyabinkina@gmail.com, ИГ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Нефтеносность нижневизейского терригенного комплекса Печорского нефтегазосносного бассейна (НГБ) была известна еще с XVII века, когда битумный камень с р. Бол.Сопляс использовался как материал для производства точил. Разнообразие природных резервуаров данного нефтегазосносного комплекса (НГК) обусловлено фациальной неоднородностью осадочного выполнения бассейна седиментации. Песчаные тела сформировали ловушки различного типа и были заполнены, в основном, аллохтонными углеводородами (УВ). Глинистые и глинисто-карбонатные нефтегазоматеринские породы (НГМП) комплекса вступили в главную зону нефтегенерации (ГЗН) на основной площади бассейна только в пермо-триасовое время. Лишь на востоке бассейна отложения данного комплекса были вовлечены в интенсивное погружение и получили дополнительный прогрев с развитием субдукционных и коллизийных процессов на восточной окраине палеоконтинента Балтики. Так в платформенной части бассейна к настоящему времени породы изменены только до градаций ПК₃-МК₁, тогда как отложения из разрезов восточной окраины (севера Предуральского прогиба) и попавшие в зоны складчатого Урала, имеют более высокие показатели катагенетического преобразования (МК_{2,3}).

Нижневизейский терригенный комплекс является одним из наименьших в Тимано-Печорской провинции (ТПП) по ресурсной базе: извлекаемые начальные суммарные ресурсы (НСР) по сумме УВ составляют лишь 1,6%. Доля НГМП в визейском терригенном комплексе варьирует от 40 до 80%. Максимальное развитие они (>50%) получили в восточных частях Верхнепечорской и Косью-Роговской впадин. НГМП комплекса содержат 2% общей массы РОВ, заключенной в породах всего бассейна. Генетический тип РОВ гумусово-сапропелевый (Денисовский прогиб, Верхнепечорская впадина) и сапропелево-гумусовый (вал Гамбурцева, Печоро-Кожвинский мегавал). Нефти выявленных залежей преимущественно тяжелые, сернистые, малопарафинистые, с глубиной устанавливается уменьшение плотности нефтей в залежах. Свободные газы характеризуются повышенным содержанием метана.

С раннекаменноугольной эпохи и до ранней перми обстановки растяжения на палеоконтиненте сменились сжатием, когда преобладали восходящие тектонические движения, обусловленные Уральским орогенезом. Инверсия прогибов привела к формированию валообразных структур, а затем и к накоплению орогенных молассовых толщ перми, т.к. в течение пермского периода юго-восточная часть Печоро-Кожвинского палеовала постепенно вовлекалась в прогибание и заполнялась обломочными отложениями орогенных формаций. Н. И. Тимонин [3] отмечал, что связь Среднепечорского поперечного поднятия (СПП) со структурами Урала отражается в том, что в его формировании участвовали и позднетриасовые уральские деформации, вызвавшие переработку структурного плана — разворот локальных структур в "уральском" направлении в пределах этого поднятия (Воя-Соплеская и Еджыд-Кыртинская структуры СППП).

Войское месторождение битумных песчаников находится в зоне развития Припечорского разлома, с запада ограничивающего СППП, который имеет северо-западное простирание и очень древнее заложение. Он является южным звеном Илыч-Чикшинской зоны глубинных разломов и через нее связан с Главным Уральским разломом. СППП является переходной структурой между Печоро-Кожвинским мегавалом и структурами Тимаизского поперечного поднятия Урала. Формирование современного Войского месторождения битума происходило, видимо, в несколько этапов. Так на начальном этапе в раннем визе в отложениях дельтового комплекса сформировалось линзовидное песчаное тело, послужившее ловушкой для жидких УВ, которая заполнилась очевидно на стадиях седименто- и диагенеза в раннем-среднем карбоне с образованием нефтяного

месторождения. Нами, при изучении разрезов в стенке карьера, была обнаружена линза чистого белого кварцевого песка (150x70 см), окруженная кварц-сидеритовой коркой толщиной 1.5 см, находящаяся внутри сильно битуминозных песчаников. Это позволяет предполагать, что нефтенасыщение происходило на ранних стадиях преобразования пород в слабосцементированных песчаниках (или даже песках) с высоким коэффициентом пористости (более 25%). Наблюдаемые текстуры течения в нефтенасыщенных песчаниках могут свидетельствовать об этом.

Затем на втором этапе на рубеже позднего карбона и ранней перми при формировании Воя-Сопляской антиклинали произошло разрушение нефтяной залежи и её вывод на дневную поверхность, что привело к окислению нефтей и формированию Войского месторождения твердых битумов. По плоскостям наложения пород и секущим их трещинам отмечается заполнение битумом, очевидно более поздней генерации. В отдельных случаях толщина почти вертикальных трещин (угол падения до 70°), выполненных битумом, составляет более 1.5-2 см (см. рис. 2 с), а содержание битума (асфальты и асфальтиты) в песчаниках достигает от 0.6 до 8–10%, обычно 1.0–2.0%.

В настоящее время вдоль системы разломов, ограничивающих Войское месторождение, отмечается активное проявление сероводородных источников минеральных вод, с осаждением серы на поверхности, причем один из таких крупных источников находится вблизи карьера в русле руч. Воя, который фактически поперек пересекает Точильную гору и Воя-Сопляскую структуру. Проведенные современные геофизические исследования системы разломов региона подтверждают их активность и в настоящее время. Распространение нефтяных и газовых месторождений с залежами в визейских песчаниках (Югидское, Печорокожвинское, Печоргородское и др.) вдоль Припечорской системы глубинных разломов свидетельствует об их связи.

В глинистой фракции терригенных визейских отложений Западного склона **Северного Урала** (обнажения по рекам Подчерем, В. Сочь, Кыртаёль и др.) нами были обнаружены нехарактерные для платформенной части нижневизейского терригенного комплекса минералы такие как пиррофиллит, хлорит и др. [2], что дает основание предполагать наличие вулканогенной примеси в этих породах и, как следствие, проявление в раннем визе вулканической (или поствулканической) деятельности на близлежащих к востоку территориях, находящихся в зоне субдукции и перекрытых к настоящему времени складчатыми структурами Урала. По реконструкции В. Н. Пучкова «Пассивная континентальная окраина Палеоуральского океана существовала до визейского века раннекаменноугольной эпохи, переходя затем в коллизионную стадию развития» [1], «до позднего девона (а на севере до начала карбона) тектоническая активность на окраине была в целом слабой...» и именно в это время «Магнитогорская дуга столкнулась с Балтикой в области будущего Приполярного – Полярного Урала». Таким образом, тектонические процессы определяли не только условия формирования осадочных толщ, но и контролировали их дальнейшие преобразования.

Исследования проводились при частичной поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН проекта № 18-5-5-13 (ГР № АААА-А17-117-121140074-9).

Литература

1. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: Дизайн ПолиграфСервис, 2010. 280 с.
2. Рябинкина Н.Н., Симакова Ю.С. Минеральные индикаторы палеовулканизма в терригенных разрезах нижнего карбона на севере Предуральского прогиба // Литогенез и геохимия осадочных формаций Тимано-Североуральского региона. Сыктывкар, 2009. Сб. № 7. С. 59-70. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. Центра УрО Российской АН. Вып. 124).
3. Тимонин Н.И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 240 с.

ЗАМЕНА СРЕДНЕАРИФМЕТИЧЕСКОГО НА СРЕДНЕГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ:

ЧТО ЭТО ДАЕТ

Рябинкин С.В.

Ryabinkin@geo.komisc.ru, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

Общезвестно, что углефикация сопровождается выделением флюидов [Успенский В.А. 1954, Лейфман 1988, Радченко и Рогозина, 1975 и др.]. Принципиальное значение имеет вывод, к которому пришел [Левенштейн, 1969]. В этой работе на стр. 118 отмечается "Метаморфизацию органического вещества и образование углеводородных флюидов следует рассматривать как две стороны единого процесса". Тут надо заметить, что не только углеводородные флюиды, но и двуокись углерода и вода также играют свою роль. Как отмечается в отзыве Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова о диссертационной работе С.В.Рябинкина [Архив Коми НЦ УрО РАН, Ф.2, Оп. 4, Д. 271, С.18] "принципиально новым является то, что результаты, полученные по методике С.В.Рябинкина, не зависят от числа выделяемых при расчетах промежуточных стадий углефикации. Предложенный С.В.Рябинкиным вариант решения системы уравнений материального баланса, повышает достоверность оценки масштабов газогенерации углей, уточняет положение геохимической зональности зон газообразования в нефтегазоносных бассейнах".

Прежде всего рассмотрим, как происходит отделение выделение CO_2 , H_2O и CH_2 или CH_4 . Из-за недостатка места (две странице формата А4), приведем формулы без их вывода. Сначала для CH_4 – углерода: $x=C - dC = \frac{12}{16}\gamma + \frac{12}{44}\beta$; для водорода: $y=H - dH = \frac{2}{18}\alpha + \frac{4}{16}\gamma$; для CO_2 : $u=O - dO = \frac{16}{18}\alpha + \frac{32}{44}\beta$. После арифметических преобразований получаем $d\alpha = \frac{(24H-8C+3O)}{(24H1-8C1+3O1)}$; $d\beta = \frac{(3O-24H+8C)}{(3O1-24H1+8C1)}$ и $d\gamma = \frac{(8C-3O+24H)}{(8C1-3O1+24H1)}$. Затем для CH_2 – углерода: $C - dC = \frac{12}{14}\gamma + \frac{12}{44}\beta$; для водорода: $H - dH = \frac{2}{18}\alpha + \frac{4}{14}\gamma$; для CO_2 : $O - dO = \frac{16}{18}\alpha + \frac{32}{44}\beta$. После арифметических преобразований получаем $d\alpha = \frac{(48H-8C+3O)}{(48H1-8C1+3O1)}$, $d\beta = \frac{(3O-48H+8C)}{(3O1-48H1+8C1)}$ и $d\gamma = \frac{(8C-3O+48H)}{(8C1-3O1+48H1)}$, "где C, H, O, C1, H1 и O1 – элементный состав углей двух сопоставляемых стадий палеопогружения" [6, С.7]. Преобразование формул приводит к системам из трех формул с четырьмя неизвестными – α , β , γ и d для CH_4 или CH_2 . Верность расчетов (для CH_4 или CH_2) контролируется равенствами: $x+y+u=\alpha+\beta+\gamma=100-d$ (в %). В таблице вычисленные данные приведены с учетом убыли органического вещества.

Мы приведем сравнение двух разновидностей методик. По одной методике мы рассчитываем убыль по среднеарифметическому, по другому мы вычисляем убыль по среднегеометрическому. Как отмечается в [Радченко, Рогозина; 1975, С.5–6] "поскольку основой дальнейшей обработки служили формы кислорода, а учет азота и серы в силу разнородных материалов вносил иногда погрешности в расчеты, сумма $C+H+O$ была принята за 100%".

За основу возьмем фрагмент данных, изложенных в работе [Burnham et al, 1989, P.43]. В этой же статье на стр.55 отмечается "... например, общий выход углеводородов на органический углерод увеличивается от лигнита до битуминозных углей с высоким выходом летучих веществ объясняется простым устранением разбавителей CO_2 и H_2O из структуры угля. Хотя изменения с рангом в метановых и водородных профилях согласуются такая модель для битуминозных углей с высоким выходом летучих веществ (также и для более высоких рангов), изменения во время преобразования лигнита... Это говорит о том, что в реакционной сети существуют конкурирующие пути, которые не удовлетворительно обрабатываются моделью с несколькими параллельными реакциями".

Исследования проводились в рамках Госпрограммы № АААА-А17-117121270033-6 и при частичной поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН проекта № 18-5-5-13 (ГР № АААА-А17-117-121140074-9)..

Таблица

Характеристика углей из коллекции Аргоне премиум
(Properties of the Argonne Premium Coal Samples)

ref no	daf compn, %			α	β	γ	Убыль ОВ, рассчитанная по средне-		
	С	Н	О				арифметическому	геометрическому	
801	72.9	4.8	20.3						
301	77.7	5	13.5	0,882889	0,9092841	0,97565025	0,896087076	0,895989873	
701	82.6	5.3	9.8	0,91451801	0,9242025	0,9628774	0,823826851	0,82372606	
401	83.2.	5.3	8.8	0,98476563	0,9898225	0,996813	0,813359377	0,813257201	
801	72.9	4.8	20.3						
401	83.2.	5.3	8.8	0,79511719	0,8318111	0,9364377	0,813464126	0,813257201	
парафины									
801	72.9	4.8	20.3						
301	77.7	5	13.5	0,85576077	0,9166971	0,9800995	0,886228944	0,885705048	
701	82.6	5.3	9.8	0,90477454	0,9269587	0,96856356	0,811667497	0,811128185	
401	83.2.	5.3	8.8	0,97972973	0,9912713	0,99588665	0,799898721	0,799353524	
801	72.9	4.8	20.3	0,75857588	0,8423232	0,94538391	0,800449535	0,799353524	

Примечание: убыль органического вещества приведены с учетом того, что вещество убывает в ходе углефикации.

Архив Коми научного центра Уральского отделения Российской Академии Наук. Фонд 2. Опись 4. Дело 271. Листы 113.

Левенштейн М.Л. Основные проблемы регионального метаморфизма углей // Геология угольных месторождений. Т.1. М.: Наука, 1969. 272 с.

Лейфман И.Е. Графостатистический анализ мацералов углей по атомным соотношениям водорода // Химия твердого топлива. 1988. №4. С.9–17.

Радченко О.А., Рогозина Е.А. О соотношениях в изменении функциональных групп и летучих продуктов в углефикации гумусовых углей // Химия твердого топлива. 1975. № 3. С.3–14.

Успенский В.А. Опыт материального баланса процессов, происходящих при метаморфизме угольных пластов // Известия АН СССР. Сер. геологическая. 1954. №6. С.94–101.

Burnham A.K., Oh M.S., Crawford R.W., Samoun A.M. Pyrolysis of Argonne Premium coals: activation energy distribution and related chemistry // Energy @ Fuels. 1989. V.3. №1. P.42–55.

ДЕГАЗАЦИЯ ВОДОРОДА И ЕГО РОЛЬ В АБИОГЕННОМ СИНТЕЗЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

Сибгатуллина П.В.

ms.polina.m.2014@mail.ru, Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва, Россия

Генезис водорода слабо изучен и представляет сложную проблему, хотя в природных условиях встречается довольно часто. Повышенные концентрации водорода отмечаются на рудных месторождениях, в вулканических малопроницаемых породах, на месторождениях каменной соли. Благодаря химической активности и высокой миграционной способности водород редко встречается в залежах углеводородных месторождений [1].

Известно, что водород играет непосредственную роль в многоступенчатом процессе образования углеводородов в результате реакций гидрирования и окисления [2]. Под воздействием водорода происходит разложение кислотных компонентов и флюидов, чем и определяется щелочной характер магматизма. Водород также является хорошим восстановителем, о чем свидетельствуют исследования на месторождении Учкудук, где путем восстановительных геохимических условий шестивалентный уран переходит в четырехвалентную нерастворимую форму и обеспечивает образование из микроконцентраций залежи урановых руд с кондиционным их содержанием [3]. Однако локализация водорода не имеет постоянного характера, так как водород является наиболее подвижным компонентом и способен мигрировать, главным образом посредством диффузии [3].

О роли глубинной водород – углеводородной дегазации можно судить по многим геохимическим процессам, воздействующим на преобразование горных пород [4].

Процесс нефтегазообразования в геологической истории Земли характеризуется его неравномерностью с проявлением максимумов геодинамической интенсивности. Наибольший ее максимум приходится на меловое время. Состав их закономерно изменяется в зависимости от специфики магматизма, в основном от щелочности, как об этом можно судить по составу флюидных включений в минералах магматических пород [2].

Можно предположить, что флюиды, импульсивно выделяющиеся из земного ядра, первоначально имеют водородный состав, тогда как кислородные компоненты в них играют второстепенную роль. Однако растяжение силикатных оболочек Земли за счет процессов дегазации водорода способствует его селективной миграции, как наиболее подвижного компонента. Этим можно объяснить потерю водородом лидирующего положения в массе легких флюидов, а также его способность транспортировать другие элементы с меньшими коэффициентами диффузии, что приводит к образованию углекислых водных растворов, повсеместно растворенных во флюидных включениях и минералах всех изверженных пород низкой и нормальной щелочности.

По данным [2] образование углеводородов происходит в результате реакций дегидратации и окисления ($3C_2H_6 + 0,5O_2 = H_2O + 2C_3H_8$). В наиболее восстановительных условиях происходит образование метана в ювенальных водородных флюидах, содержащих CO , изотопный состав углерода которого соответствует таковому для метана. Окисление CO до CO_2 приводит к изменению процесса генерации углеводородов, при этом метан, вытесняется этаном, с соответствующим CO_2 составом углерода: $7H_2 + 2CO_2 = C_2H_6 + 4H_2O$ ($3,5H_2 + CO_2 = CH_3 + 2H_2O$). Дальнейшее повышение окислительного потенциала сопровождается последовательным дегидрированием углеводородов в результате окислительных реакций генерации воды: $4CH_3 + O_2 = 4CH_2 + 2H_2O$ и т.д. Этот окислительный процесс в конечном итоге приводит к полному разложению углеводородов с образованием графита ($4CH + O_2 = 4C + 2H_2O$).

Схема осложняется множеством промежуточных реакций образования твердых углеродистых веществ (битумов, керогенов и др.) происходящих в ходе осадочного процесса, в том числе образовании черных сланцев распространенных в приповерхностных частях депрессий земной коры [5].

По мнению Гуфельда И.Л. [6] горный материал пронизан сеткой связанных трещин и пор, заполненных газом под большим давлением и частично флюидом. С увеличением глубины концентрация водорода и гелия во флюиде увеличивается. Начиная с глубины 2.8-3 км от земной поверхности содержание водорода становится преобладающим. С отметки около 6 км содержание гелия в воде становится соизмеримым с содержанием водорода, что приводит к проявлению барьерного эффекта. Среда на глубинах больших 6 км переходит в состояние деструкции. Однако характер деструкции и разрушения не соответствует развитию трещеноватости, обусловленный только реологическими свойствами при соответствующих Р-Т условиях и связан в значительной мере с процессами взаимодействия среды с восходящими потоками водорода и гелия.

В пределах мантийных пород восходящие потоки легких газов и других атомов могут определяться диффузией внедрения, занимая устойчивые позиции в вакансиях и дефектах их структуры.

В реальной диффузии, которая может влиять на вариации параметров среды, наиболее активным следует считать водород и гелий, диффузия которых будет осуществляться по междоузельному механизму (без захвата в уже занятые вакансии или другие дефекты) [6]. Коэффициент диффузий здесь может достигать значений $D=10^{-9} - 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ и существенно более высоких в диапазоне 200 - 600 °С. Т.к. в направлении к поверхности Земли температура будет уменьшаться, это приведет к уменьшению и коэффициента диффузии, связанного с междоузельным механизмом. И в этом же направлении будет увеличиваться газовая пористость и развиваться дополнительная трещеноватость, что приведет к смене механизма миграции флюидов от диффузного к трещинно-поровому. Породы осадочного чехла на определенный период времени, до последующей активизации геодинамических процессов становятся барьером, ограничивающим процесс миграции флюидов через твердую фазу. Это приводит к накоплению легких газов в различных горизонтах среды, начиная от границы Мохо и выше [6].

В области нефтегазовой геологии углеводородных месторождений в последнее время все большее признание находит абиогенная теория происхождения нефти и газа, в которой существенное значение придается процессам гидрогенизации углеводородов за счет потока глубинного водорода [1].

Данные представления не позволяют еще говорить о преобладающем генезисе углеводородных месторождений на планете, но их роль в биогенно-абиогенном их синтезе должна сегодня учитываться и детально изучаться.

Литература

1. Перевозчиков Г.В. Водород в недрах Кызылкумов//Разведка и охрана недр.2011. С. 35-39.
2. Маракушев А.А., Маракушев С.А. Образование нефтяных и газовых месторождений // Литология и полезные ископаемые. 2008. №5. С. 505-521.
3. Перевозчиков Г.В. Поле водорода на месторождении Газли по данным геохимических исследований в нефтегазоносном регионе средней Азии // Нефтегазовая геология. Теория и практика.2012.№1. С. 1-12.
4. Вобликов Б.Г., Стерленко З.В., Туманова Е.Ю. О роли глубинной дегазации в образовании углеводородов в нижней части осадочного чехла // Дегазация Земли: Геотектоника, геодинамика, геофлюиды, нефть и газ, углеводороды и жизнь. Материалы всероссийской конференции, 18-22 октября 2010. М.:ГЕОС. 2010. С. 104-105.
5. Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса. М.:ГЕОС. 2006. 606 с.
6. Гуфельд И.Л. О глубинной дегазации и структуре литосферы и верхней мантии // Глубинная нефть. 2013.Том 2-№2. С. 172-188.

ВЛИЯНИЕ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОЛЕДЕНЕНИЙ НА РАЗМЕЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ В ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ

Стремаус М.Н.

mike.stremaus@gmail.com, УО «Белорусский государственный университет», г. Минск, Республика Беларусь

Территория Беларуси является областью эталонного развития образований, оставленных покровными материковыми оледенениями. Гляциотектоника здесь представлена выраженными формами всех видов [3]. Одним из перспективных и наименее изученных направлений гляциотектоники является изучение взаимосвязей плейстоценовых оледенений с расположением нефтегазоносных районов.

Рельеф Беларуси в результате плейстоценовых оледенений представлен формами ледниковой экзарации и аккумуляции. Распределение ледниковых покровов и интенсивность гляциоморфогенеза были predetermined новейшими тектоническими процессами, а также особенностями строения кристаллического фундамента. При выполнении реконструкций расположения ледникового щита на территории Беларуси и дешифрировании ледникового рельефа высокой точностью отличаются космогеологические методы.

На территории Беларуси выделено 4 ледниковых горизонта от наиболее древнего к самому молодому: наревский, березинский, припятский, поозёрский. В пределах Припятского горизонта выделяют 2 субгоризонта: днепровский и сожский. Днепровское оледенение полностью покрывало территорию Беларуси и перекрыло наревский и березинский горизонты. На территории Припятского палеорифта гляциальные процессы могли оказать влияние на формирование залежей углеводородов по периферии (дистальной области) наревского и березинского ледниковых покровов. С позиции гляциотектоники наиболее перспективными в нефтеносном плане являются части осадочных бассейнов, несколько раз покрывавшиеся ледниковыми покровами [2].

Суммарная продолжительность ледниковых эпох на территории Беларуси составляла около 250 тыс. лет. Такого короткого с геологической позиции промежутка времени было достаточно для усиления геодинамических процессов. Многократная нагрузка ледниковых покровов, достигавших даже в южной части Беларуси мощности 1 км способствовала активизации разломных зон. Разломная зона – система дизъюнктивных дислокаций платформенного чехла, характеризующихся блоковым строением и системой трещин, которые могут быть высокопродуктивными коллекторами и проницаемыми каналами для нефти. Доказательством того, что разломная тектоника проявлялась под влиянием ледников, служит соответствие сети ледниковых ложбин выпихивания, флювиогляциальных ложбин размыва с сетью платформенных и доплатформенных разрывных нарушений. Погребённые ледниковые ложбины дешифрируются на космоснимках, если они наследуются современной речной сетью, заболачиванием, суффозией. В свою очередь, активизация разломных зон повлияла на процессы миграции и аккумуляции углеводородов. Наибольшей активизацией характеризуются узлы пересечения разломов (кентрогенные структуры) [1], следовательно, кентрогенные структуры являются наиболее перспективными с позиции нефтеносности.

В некоторых областях ледник мог и не оказать достаточной нагрузки для активизации разломов и переформирования залежи нефти. Но в любом случае гляциодинамические явления максимально проявились над разломами, так как к разломам приурочены наиболее подвергшиеся эрозии понижения в рельефе и древние долины рек. В процессе избирательной эрозии были сформированы ледниковые ложбины, скибовые сооружения (складчаточешуйчатые дислокации), указывающие на дизъюнктивные и трещиноватые структуры, которые на территории Беларуси в пределах впадин и синеклиз могут быть потенциально нефтеносными.

Дистальные зоны ледников, границы оледенения также наблюдаются обычно в пределах разрывных нарушений платформенного чехла и фундамента. Дистальная зона наревского ледника располагалась в западной части Речицко-Вишанской зоны

нефтегазоаккумуляция, которая находится в пределах Речицко-Вишанского разлома. Здесь расположены Речицкое, Давыдовское, Сосновское, Осташковичское Борисовское и Вишанское месторождения нефти. Дистальная зона Сожского оледенения соответствует Стоходско-Могилёвскому разлому, Ляховичскому и Свислочскому разломам. Однако, в пределах разрывных нарушений, перекрытых Сожским оледенением, месторождения нефти отсутствуют, в связи с неблагоприятными тектоническими условиями для её накопления.

Холодные климатические условия плейстоцена способствовали гидратообразованию в континентальных условиях, в условиях нормального атмосферного давления. В результате оледенений и усиленного гидратообразования углеводороды стали более склонны к миграции и переаккумуляции.

Ледниковые напряжения привели к тектоническим подвижкам и к изменению термобарических условий, что способствовало фильтрации флюидов и отделению лёгких фаз углеводородов из первичных мест залегания в более верхние части земной коры и перемещению нефти и газа в направлении движения ледников [4]. Например, в пределах Припятского прогиба ледники оказывали значительную нагрузку на девонские нефтеносные толщи. Большое значение на переформирование нефтяных залежей оказали процессы гляциоизостазии. После абляции ледникового покрова территория Припятской нефтегазосной области активно воздымалась, что привело к изменениям в положении залежей. Месторождение Brent также приурочено к валообразному гляциоизостатическому поднятию, которое существовало 18–12,5 тыс. лет назад.

В связи с оценкой нефтеносности Внутреннего грабена Припятского палеорифта следует обратить внимание на перспективные, с точки зрения нахождения залежей углеводородов, площади, расположенные в дистальной полосе березинского ледникового покрова. Геолого-геофизическими методами здесь установлены Сколодинская и Буйновичско-Наровлянская зоны потенциального нефтегазоаккумуляции [2].

Конфигурация краевой зоны березинского ледникового покрова согласуется с Туровской депрессией Припятского грабена. Более детально следует изучить место сочленения Микашевичского глубинного разлома с Припятским грабеном, которое также согласуется с дистальной зоной оледенения. В связи со слабой геолого-геофизической изученностью этой территории актуальна оценка нефтеносности сейсмическими методами.

Стоит более детально изучить гляциодинамические процессы и структуры в пределах Подляско-Брестской и Оршанской впадин, которые сложены породами коллекторами, для оценки нефтегазоносности.

Таким образом, при оценке перспектив нефтегазоносности платформенных областей следует уделять большее внимание динамике плейстоценовых ледниковых покровов. Геолого-геофизические исследования в комплексе с методами дистанционного зондирования (космогеологический метод) и анализом гляциодинамических условий позволяют выявить системы разрывных нарушений от трещин до глубинных разломов, которые могут указать на высокопродуктивные трещинные коллекторы.

1. Губин В. Н. Дистанционное зондирование структур земной коры при поисках нефти. Минск: БГУ, 2016. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/160034/1/%D0%93%D1%83%D0%B1%D0%B8%D0%BD.pdf> – Дата доступа: 21.02.2018
2. Губин В. Н., Гляциотектоника и её роль в формировании ресурсов углеводородов. // 8-е Геологические чтения. Минск: БГУ, 2014. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ – Режим доступа: <https://www.bsu.by/Cache/pdf/609273.pdf> – Дата доступа: 22.02.2018
3. Левков Э. А. Гляциотектоника. Минск: Наука и техника, 1980. 260 с.
4. Тимурзиев А. И., Шумейкин С. А., Шумейкин А. С. Методы и технологии оценки перспектив нефтегазоносности территорий на основе комплексного анализа потенциальных полей, данных сейсморазведки, топогеодезической и космической съемки // Электронный журнал «Глубинная нефть». 2014. Т. II. № 3. 26 с.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕЙ И ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ В РИФТОГЕННЫХ ВПАДИНАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ И МОНГОЛИИ

Стукалова И.Е., Цеховский Ю.Г.

stukalova@ginras.ru, Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

В мезозойских отложениях Забайкалья и Монголии пласты углей и горючих сланцев имеют широкое распространение. В мезозойских рифтогенных впадинах Забайкалья накопление угленосных толщ началось в средней юре и продолжалось в верхней юре и раннем мелу в гумидной климатической зоне [История..., 1963; Тимофеев, 2006]. Угленосными являются: тугнуйская свита средней юры, улангинская свита средней юры – нижнего мела и тургино-витимская свита нижнего мела (валанжин–апт). В Северной и Центральной Монголии в зоне перехода от гумидного к ариднему климату промышленные залежи углей в рифтогенных грабенах известны в юре и раннем мелу.

На территории Западного Забайкалья юрские и нижнемеловые угленосные отложения заполняют цепочки удлинённых приразломных депрессий, обычно односторонних грабенов, ширина которых достигает 10-20 км. Особенностью их строения является высокая угленасыщенность, присутствие мощных пластов углей, а также быстрая фациальная смена в приобортовых разрезах тонкообломочных угленосных отложений толщами грубообломочных пород.

Исследования позволили уточнить представления об условиях формирования мезозойских угленосных отложений на территории Забайкалья. Было установлено, что отложения относятся к фэновой формации, которая заполняет грабены среди равнинного рельефа [Цеховский, Япаскурт, Стукалова, 2014]. Для этих отложений характерно преобладание неокатанных, плохо сортированных обломков в грубообломочных породах, наличие в осевых частях удлинённых впадин равнинного аллювия с широким развитием пойменных озер и болот и отсутствие отложений горных рек. К фэновым формациям относят средне-верхнеюрские отложения тугнуйской и галгатайской свит и нижнемеловые отложения муртойской, убукунской и холбольджинской свит. Из них угленосными являются тугнуйская, селенгинская и холбольджинская свиты.

В среднеюрской тугнуйской свите на территории Тугнуйской впадины известны 5 месторождений каменных углей. Количество продуктивных пластов изменяется от одного до 30, а их максимальные мощности на Никольском и Олень-Шибирском месторождениях достигают соответственно 50 и 45 м. Месторождения нижнемеловых углей селенгинской и вышележащей холбольджинской свит располагаются в Иволгинско-Удинской и Гусиноозерской впадинах. На Гусиноозерском месторождении установлено максимальное (до 70) число угольных пластов.

Мезозойские угли Забайкалья подразделяются на 3 группы: бурые, переходные от бурых к каменным и каменные – марок Д и Г. В месторождениях Гусиноозерского района присутствуют бурые (Б) и переходные от бурых к каменным (Б-Д) марки углей. В Тугнуйской впадине присутствуют каменные угли марок Д, Д-Г, Г-Ж. Отмечается увеличение степени метаморфизма углей от более молодых к более древним по возрасту месторождениям.

Главными факторами, способствующими образованию мощных угольных пластов, являются бурный расцвет растительности в условиях гумидного климата, широкое развитие болотных фаций, непрерывное опускание областей торфонакопления в течение длительного времени, отсутствие массового привноса терригенного материала, подавляющего торфонакопление. Все эти факторы имели место в юрско-раннемеловое время на территории Западного Забайкалья, где в узких удлинённых грабенах при погружении их дна накапливались угленосные толщ.

На территории Забайкалья и Монголии также широко распространены нижнемеловые горючие сланцы, макроскопически представленные плотными тонкоплитчатыми породами серого, темно-серого и коричневатого-бурого цвета [Конивец, 1968]. Вследствие расщепляемости горючих сланцев на тонкие, подобные листу бумаги, плитки они именуются

также и «бумажными сланцами». Органическая часть сланцев представлена остатками зеленовато-синих планктонных водорослей с незначительным количеством мелких фрагментов растительного детрита. Минеральная составляющая представлена глинами и мельчайшими обломочными зернами силикатов, алюмосиликатов, а также карбонатами. В минералах тяжелой фракции обычно доминирует пирит. Горючие сланцы встречаются в терригенных отложениях, где представлены самостоятельными пачками, либо генетически связаны с пластами углей. Мощность пластов меняется в диапазоне 0,1-16 м, а число пластов на месторождениях может достигать 10-30. В Бон-Цаганской впадине Гобийского Алтая, как и в других изученных районах, бумажные сланцы имеют преимущественно тонкоплитчатое строение и окрашены в серый или темно-серый с зеленоватым оттенком цвет. Согласно проведенным исследованиям эта окраска обусловлена рассеянным органическим веществом (коллоальгинитом – разложенным тонкодисперсным водорослевым материалом).

Для определения генетического типа керогена, слагающего горючие сланцы, его изучение проводилось в двусторонне-полированных шлифах (при увеличении в 200-400 раз, в поляризованном свете, при одном никеле и в скрещенных николях). В шлифах матрикс породы представлен тонкодисперсными глинистыми частичками (с примесью мелких зерен кварца и карбонатов), сцементированными разложенным сапропелевым материалом - коллоальгинитом. Коллоальгинит бурого, иногда желтого цвета, колломорфный, без видимой структуры. Мелкие зерна карбонатов вкраплены в матрикс или образуют в нем микропрослои. Часто в отложениях присутствуют привнесенные с суши многочисленные мелкие фрагменты углефицированной наземной растительности, рассеянные в породе или образующие скопления. Они окрашены в черный, темно-бурый и коричневый цвета, нередко имеют вытянутую или таблитчатую форму и представлены преимущественно витринитом, иногда – витроинертинитом (подвергшиеся частичному окислению). Часто обрывки растений располагаются по напластованию пород и подчеркивают в них горизонтальную макро- и микрослоистость. Обычно в породах отмечается до 7-10% витринитовых остатков, а содержание сапропелевой (водорослевой) органики достигает 25-30%; иногда присутствуют также редкие обособления наннопланктона. В сланцах нередко отмечаются известковистые раковины или их обломки. Видимая часть обломков в горючих сланцах представлена гумусовым веществом, а цемент - сапропелевым веществом. Поэтому в скрещенных николях цемент становится непрозрачным, что отражается появлением общей темной окраски шлифов. В минеральном составе нижнемеловых горючих сланцев Бон-Цаганской впадины преобладают слюды и кварц, в составе глинистого вещества доминируют смектиты, в качестве примеси отмечаются полевые шпаты, кальцит, доломит, иногда встречается сидерит или пирит [Цеховский, Стукалова, 2014].

Исследования мезозойских отложений Забайкалья и Монголии, приуроченных к рифтогенным структурам, позволяют раскрыть причину их высокой насыщенности органическим веществом разного генезиса. Это связано с своеобразными условиями осадконакопления в данных структурах, а также участием глубинных процессов в постседиментационном преобразовании данных осадочных комплексов.

Литература

- История верхнемезозойского угленакопления на территории Бурятской АССР и юго-восточной части Ленского бассейна* М. – Л. :Изд-во АН СССР.1963. 335 с.
- Коницев В.И.** Горючие сланцы Забайкалья // Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Том.Х1. М. : Недра. 1968. С. 513–544.
- Тимофеев П.П.** Эволюция угленосных формаций в истории Земли. М.: Наука. 2006. 204 с.
- Цеховский Ю.Г., Стукалова И.Е.** Нижнемеловые озерные горючие сланцы в рифтовых впадинах Забайкалья и Монголии. Статья 2. Условия образования //Бюлл. МОИП, отд. геол. Т 89, Вып. 4. 2014. С. 40 – 52 .
- Цеховский Ю.Г., Япаскурт О.В., Стукалова И.Е.** Седиментогенез в мезозойско-кайнозойских континентальных рифтах Центральной Евразии // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2014. № 5. С. 78 – 86.

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАРБОНАТНЫХ РАЗРЕЗАХ

Фаттахов Л.Р.

1032163543@pfur.ru, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

На сегодняшний день многие старые месторождения уже истощены. Восполнение запасов нефти и газа из категории перспективных ресурсов идет в основном за счет пересмотра состояния выше или нижележащих пластов в уже разрабатываемом горизонте, а не путем открытия совершенно новых залежей. На фоне общего усложнения условий разработки современных месторождений изучение таких месторождений представляет повышенный интерес.

Вышеизложенные факторы создают дополнительные трудности на всех этапах разработки месторождений со сложнопостроенными коллекторами, имеющими помимо межзерновой пористости – трещинную и каверновую. Пласты, которые раньше считались неколлекторами, сегодня переводят в разряд продуктивных пластов с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами. В связи с этим необходимо полное изучение условий формирования вторичной пористости и более ясное понимание процессов фильтрации флюидов в коллекторах со сложной структурой порового пространства. Это необходимо не только для решения геологических задач: таких как определение коллекторских свойств, но и для решения технологических задач: одной из насущных проблем является процесс поглощения промывочной жидкости при бурении скважин в карбонатных толщах с вторичной пористостью.

Для изучения этих процессов было выбрано одно из месторождений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции представленное карбонатными толщами. В карбонатных разрезах с выраженной вторичной пористостью часто наблюдается повышенное поглощение промывочной жидкости при бурении скважин. Это увеличивает затраты на строительство скважины и усложняет геологическое изучение разреза, вследствие большого влияния на физико-химические свойства горных пород.

В связи с этим цель данного исследования делится на две основные категории: геологическую – литологическое расчленение разреза представленного сложными коллекторами, выделение коллекторов; и технологическую – обоснование применения профильных перекрывателей в скважинах, в которых осложнения вызваны наличием трещиноватости в карбонатных горных породах.

В задачи исследования, в свою очередь, входит:

1. Учет влияния генезиса вторичной пористости на фильтрационно-емкостные свойства пластов;
2. Корректное выделение коллекторов на основе данных полученных при геолого-технологических исследованиях;
3. Создание интерпретационной модели сложных коллекторов;
4. Выделение параметров трещиноватости в поглощающих скважинах;
5. Сравнение различных методов борьбы с осложнением вызванным поглощением и учет их влияния на горные породы.

При решении вышеизложенных задач объектом исследования является явление поглощения при бурении горных пород, представленных сложными коллекторами и процесс борьбы с осложнениями в поглощающих скважинах. Предметами исследования являются: условия формирования вторичной пористости, их значение в определении фильтрационно-емкостных свойств в сложных коллекторах, причины, обуславливающие поглощение в карбонатных разрезах и технологии борьбы с осложнением в скважинах.

Также необходимо подчеркнуть значимость выделения зон АВПД в бурении и методах ГТИ обеспечивающих своевременное предупреждение таких зон. Не менее важное значение при выделении коллекторов имеет изучение шлама. Отбор шлама производится в желобной

системе у устья скважины в потоке выходящего бурового раствора с применением шламоотборников непрерывного или эпизодического действия. Далее отобранные пробы шлама отмываются от бурового раствора холодной водой и направляются на дальнейшие исследования. При этом решающее значение имеют данные люминесцентно-битуминологического анализа ЛБА, оценка пористости, плотности и литологии пород.

В целом карбонатные породы с первичной и унаследованной вторичной пористостью и кавернозностью представляют собой каверново-поровый тип коллектора с высокими емкостными и фильтрационными свойствами. Породы же со вторичной новообразованной пористостью представляют каверново-порово-трещинный тип коллектора.

При перекристаллизации происходит процесс укрупнения размеров кристаллов, что ведет к улучшению коллекторских свойств. При катагенетической метасоматической доломитизации, которая происходит в жесткой, не поддающейся дальнейшему уплотнению карбонатной толще, общий объем породы сохраняется, но увеличивается пустотное пространство.

В малопористых и слабопроницаемых горных породах сложных коллекторов корреляционные связи между емкостью и проницаемостью занижены; их использование практически ограничено. Содержание остаточной воды в подобных породах-коллекторах не более 20—30%, что не согласуется с традиционными представлениями о значительной их водо-насыщенности. Получение промышленных дебитов нефти и газа из таких коллекторов свидетельствует о целесообразности занижения принятых в сегодняшнее время предельных значений емкости и проницаемости, что соответственно расширяет перспективы нефтегазоносности ряда районов нашей страны.

Прогнозирование размещения сложных видов коллекторов с преобладающей вторичной емкостью основано на их моделировании. Принципиальной моделью в данном случае является та, в которой главная роль в пористости коллектора принадлежит межзерновой среде (блоки пород, рассеченные трещинами). Для целей прогнозирования факторов распределения в пространстве коллекторов и их физических и коллекторских свойств успешно применяются карты зональности постседиментационных изменений.

На основе всех полученных данных строится интерпретационная модель залежи и выделяются зоны поглощения. В таких случаях применяется профильный перекрыватель. Изобретение предназначено для бурения и ремонта нефтяных и газовых скважин, оно относится к устройствам для изоляции ствола скважины с целью предотвращения ухода промысловой жидкости из скважины в пласт.

В процессе трудовой деятельности проводилась установка профильного перекрывателя в скважине осложненной поглощением. Данное изобретение показало свою эффективность как своевременное решение аварийной ситуации при бурении. На сегодняшний день проблема отрицательного влияния на пласты различных технологий бурения и разработки стоит очень остро. Необходимо также подчеркнуть сравнительно небольшое влияние технологии применения профильных перекрывателей на коллекторские характеристики продуктивных пластов, что подтверждается интерпретационной моделью.

Литература

1. Александров, Б.Л. Изучение карбонатных коллекторов геофизическими методами/ Б.Л. Александров. – М: Недра, 1979. – 200 с.
2. Вендельштейн, Б.Ю., Резванов, Р.А. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов/ Б.Ю. Вендельштейн, Р.А. Резванов. — М.: Недра, 1978. — 316 с.
3. Смехов, Е.М., Дорофеева, Т.В. Вторичная пористость горных пород-коллекторов нефти и газа/ Е.М. Смехов, Т.В. Дорофеева. – СПб: Недра, 1987. – 96 с.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГЛИЕЖЕЙ ЮЖНО-ФЕРГАНСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА

О.Ш.Шамшиев¹, Н.Т.Толобаева²

¹kipig@rambler.ru, Кызыл-Кийский институт природопользования и геотехнологии КГТУ
им. И.Раззакова, г. Кызыл-Кия, Кыргызская Республика

²tolobaeva_83@mail.ru, Институт горного дела и горных технологий им. академика У.
Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Глиежи – глины естественного обжига в результате подземных пожаров пластов угля. В связи с вышеизложенным они являлись основным поисковым признаком обнаружения угольных месторождений. Впервые они были исследованы на буроугольном месторождении Кызылкия, которое расположено в Южно-Ферганском угленосном районе Южного Тянь-Шаня. Они являются основными наполнителями для получения высококачественного цемента (портландцемент, пуццолановый цемент).

Результаты всесторонних комплексных геологических, петрографических, физико-химических, а также экспериментальных исследований свидетельствуют о не термодинамическом, а вулканогенно-осадочном их генезисе.

Распространение глиежей (мощность более 100 м.), среди без угольных пластов (благодаря пожарам которых они образовались), с залеганием их на верхне- палеозойские породы, вулканогенный вещественный состав (андезиты, порфириты, риолиты, туфолавы, туфопесчаники, туфоалевриты, а также их переходные резкости), обилие в них высокотемпературных рудных минералов соответствующих вулканогенно-гидротермальному генезису (магнетит, корунд, кордиерит, муллит и др.), а также петрохимический состав (в %, SiO₂ - 44,60, TiO₂ – 2,00, Al₂O₃ – 15,47, Fe₂O₃ -6,97 , FeO - 5,84, MnO- 0,17 , MgO-3,32, CaO- 10,25, Na₂O - 3,16, K₂O- 1,60 , P₂O₅ – 0,23 , SO₃ < 0,01, H₂O и CO₂ - нет,) свидетельствуют о вулканогенном их образовании. Наряду с вышеуказанным, неравномерно раскристаллизованные формы обсидиана, раскристаллизация кварца с полевым шпатом, а также цветных туфов и лав замещенных отпечатков растений свидетельствуют о главной роли вулканизма.

Несмотря на разобщенное формирование вулканогенных и угленосных формаций оно зависит от фазы и этапа складчатости. Наличие маломощных вулканогенных слоев в пределах угленосных формаций свидетельствует об ослабленном проявлении вулканизма, т.е. в период накопления угленосных толщ. В условиях интенсивного вулканизма угли не могли бы образоваться, т.к. обильное осаждение пирокластического материала в зоне болот полностью подавило бы торфонакопление (Г.С. Дзоценидзе).

Вулканические аппараты в исследуемом регионе приурочены к приразломным прогибам - тафрогенам позднего триаса-юры (Замалетдинов Т.С., 1995). Определенные части вулканических построек со свойственными им петротипами установлены в восточной, юго-восточной, а также западной части месторождения Кызыл-Кия (Абшир, Бельюрук, Учкоргон и др.).

Вулканические процессы и накопление пирокластических пород в угленакоплении участвуют повсеместно. При этом от интенсивности вулканизма зависит образование угленосных формаций. Преобладание пирокластического материала отрицательно влияет на условия углеобразования, о чем свидетельствует отсутствие угольных пластов в данных разрезах. Наряду с этим, участие туфа, туфовых терригенных материалов положительно влияет (торфы, органики и др.) на углеобразующие условия. В исследуемом регионе вулканические постройки, явившиеся источниками привноса эффузивного материала, расположены на месторождении Копурбашы (среднее течение Аравана), которое расположено в 20 км северо-восточнее от месторождения Кызыл-Кия. Отсутствие угольных пластов в пределах распространения вулканических пород, которые представлены трахитами, андезитами, дацит-липаритами и др., является закономерным.

Данные породы, подвергаясь физико-химической эрозии, превратились в незрелые коры различного цвета глин.

Таким образом, вышеуказанные породы, которых называют глиежами, образовались естественным путем, а не в результате подземных пожаров пластов угля, как многие исследователи утверждали до сих пор. Так как исходный вещественный состав, минералого-геохимические, структурно-текстурные особенности глиежей отвечают вулканитам.

Литература

- [1] Геологический словарь, том 1, Москва, «Недра», 1973г., 1978г., стр. 171
- [2] Дзюценидзе Г.С. Роль вулканизма в образовании осадочных пород и руд: научное издание. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Недра, 1969. - 344 с.
- [3] Ждан А. В., Шамшиев О.Ш., Толобаева Н. Т. Кызылкийское буроугольное месторождение: к вопросу о глиежах или вулканитах, Журнал «Инженер», 2015, №9, стр. 137-143.
- [4] Ждан А. В., Шамшиев О.Ш., Толобаева Н. Т. Вулканогенный тренд осадконакопления в Южном Тянь-Шане в мезозой-кайнозойское время. Известия КГТУ, 2016г., №39. ч.2, стр. 249
- [5] Ждан А.В. Седиментационные структуры и рудные системы (Южный Тянь-Шань, Гиндукуш, Атлас). - Бишкек: Изд-во ПЛ №3, 2006. – 375 с.
- [6] Замалетдинов Т.С. Геодинамическая карта Кыргызстана масштаба 1:500000 - основа регионального прогноза полезных ископаемых: Автореферат диссертации на соискание научной степени кандидата геолого-минералогических наук: Спец. 04.00.11-Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений, металлогения. - Бишкек, 1995. - 21 с.
- [7] Шамшиев О.Ш., Ждан А.В., Толобаева Н. Роль вулканизма в образовании глиежа на угольных объектах Южного Тянь-Шаня. Материалы XIV Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». РУДН (Россия) – КРСУ (Кыргызстан), 2015. С. 366-367.
- [8] Шамшиев О.Ш., Толобаева Н. Т. Новые типы глиежей Кыргызстана и роль вулканизма при образовании. Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и общество в эпоху перемен» (г. Уфа, 15-16 октября 2016 г.), шифр: НВП-02. Сборник материалов, 2016, №2, стр. 10-13

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СЕНОМАНА СКВАЖИНЫ А-3 В ОСАДОЧНОМ БАССЕЙНЕ КОТ-ДИВУАР

Эссо Ном Грас Соланж, Диоманде Мамаду (Научный руководитель
Абрамов В.Ю.)

egracesolange@yahoo.fr, Российский Университет Дружбы Народов, г. Москва, Россия

Кот-д'Ивуар располагается в западной зоне Африки и окаймляется Атлантическим океаном. Буровая скважина А-3 обнаруживаемая на востоке осадочного бассейна Кот-д'Ивуар, зона, которая может быть производителем газа и нефти. Изучение осадочного бассейна Кот-д'Ивуар, более точный поиск стратиграфических последовательности в этой зоне, позволил бы хорошо распределить промышленные усилия и урегулировать стратегию и политику касательно геологии в этой стране.

Последовательность датирована сеноманским возрастом в этом скважине А-3, и располагается между 8160' и 8320'. Последовательность Се2 (8160'-8320'), что подтверждено FDO формы диагностической *Classopolis tomosus* до 8200'. Нижняя граница (SB) эта последовательность обозначается FDO с *Hedbergella* см. *Gorbachikae* на 8320' (привязан к журналу регистрации на 8320'). Эта последовательность Се2 - это полная последовательность, включающая три основных кортежей (высокий уровень моря, трансгрессивного и низкого уровня моря), о чем свидетельствуют графические регистрации.

В свите высокого уровня моря (8160'-8210'), динофлагелляты, которые мало, в то время как споры и пыльца много. Все фораминиферы агглютированы немного, обильные, бентосные фораминиферы известняков редки и планктонные фораминиферы много. Гамма-луч представляет собой общий вид с проградацию с MFS, расположенный в рейтинг 8210' до топ-интервал 8160'. Это MFS, датированно 97.21 ма, значительно отмечен наибольший прогиб положительный гамма-луч и поддержаны несколькими импульсами планктонных фораминифер. Это MFS среднего масштаба соответствует одной и той же последовательности устава Хак и Шуттера, 2008.

Трансгрессивное шестие (8210'-8260') характеризуется скоростью, общего понижения уровня гамма-луч (постепенное отклонение в сторону положительных значений). Динофлагелляты редки, в то время как споры и пыльца много. Все фораминиферы много агглютированы, бентосные фораминиферы известняков присутствуют и планктонные фораминиферы очень много. Это трансгрессивное шестие начинает рейтинг 8260' (представитель поверхность топ нижний уровень моря, TLS, датированно 97.40 мая), и заканчивается MFS в 8210'.

В шестии низкого уровня моря (8260'-8320'), динофлагелляты редки, в то время как споры и пыльца в изобилии. Все фораминифер агглютированы и фораминиферы известняков отсутствуют, в то время как планктонные фораминиферы очень много. Этот кортеж характеризуется вид генеральной намыв от гамма-луч (постепенное отклонение в сторону отрицательных значений). Это шестие мелкой, осадков целей, месторождения глины и мергеля. Это шестие типа 2.

Последовательность Се2 является основой этого интервала, выпущенных сеноман в этот колодец и его SB 8320', датированный 97.96 ма, Се2.

Из Этого исследования видно, что сеноманский интервал (8160'-8320') имеет только одну последовательность. Более того, этот интервал обрамлен двумя геологическими несогласованностями. Существование этих несогласованности очень важно для поиска нефти, поскольку эти несоответствия благоприятствуют формированию геологических структур, которые могут улавливать нефть и газ.

Список литературы:

1-ОБЭ J. and al. 1976. Paleocene benthic foraminiferal Biostratigraphy and Paleocology of Tunisia. В.С.Р. ПО S.N.P.A. 10-2-1976.

2-BELLIER, J.P. И MOULLADE, Г., 2002 Lower cretaceous planktonic foraminiferal Biostratigraphy of the Вестерн North Atlantic (ODP LEG 171B), and taxonomic прояснение, of key, индекс species. Rev. Микросваи. Полет. 45 N°1 ПО ДОВЕРЕННОСТИ 9-26.

3-CARON, Г., 1978 Cretaceous planktonic foraminifers from DSDP leg 40, southeastern atlantic ocean первоначальный перенесения of the deep sea drilling project, Полет. XL

4-CARON, Г., 1985 Cretaceous planktic foraminifera – In: BOLLI H.M ., SAUNDERS J.B ., PERCHNIELSEN K. (ed): Plankton Stratigraphy. Полет. 4, по доверенности. 17-86. Кембридж Univ. Press.

5-Наq, B.U. and S.R. Shutter. (2008) A Chronology of Paleozoic Sea-Level Changes.

ПРОГНОЗ ЗОН ТРЕЩИНАТОСТИ В ИНТЕРВАЛЕ УСТЬ-КУТСКОГО ГОРИЗОНТА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ ПО ДАННЫМ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРЕХМЕРНОГО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Юсупов Я.И.

Yan_yusupov@bk.ru, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Целью данной работы является прогноз зон трещиноватости в интервале усть-кутского горизонта Даниловского месторождения Непско-Ботубинской антеклизы (НБА) с использованием трехмерного упруго-прочностного моделирования. На первом этапе произведен сбор, оценка качества и анализ исходных материалов. Для выполнения работы привлекались данные 3D-сейсморазведки (результаты инверсии), комплекса ГИС, испытаний скважин, геомеханических исследований керна и др. Второй этап работы включает построение одномерной (1D) геомеханической модели околоскважинного пространства (рис.1). Выполнен комплексный анализ градиентов давлений, расчет упруго-прочностных параметров с учетом лабораторных исследований кернового материала, анализ устойчивости скважин и т.д. В настоящей работе предполагается, что тектоническая обстановка Даниловского месторождения и Непско-Ботубинской антеклизы в целом может контролироваться двумя режимами напряженно-деформированного состояния (НДС). В надсолевом и солевом комплексе превалирует взбросовый режим, в подсолевом – нормальный. Данное предположение согласуется с концептуальной моделью тектонического развития НБА. Считается [1], что в разрезе солевого комплекса кроме вертикальных дизъюнктивов, в пределах НБА доказывается широкое развитие наклонных и субгоризонтальных разрывных нарушений. Отмеченные надвиговые образования, скорее всего, сформировались в результате воздействия тангенциальных тектонических напряжений, возникших в Байкало-Патомской складчатой области.

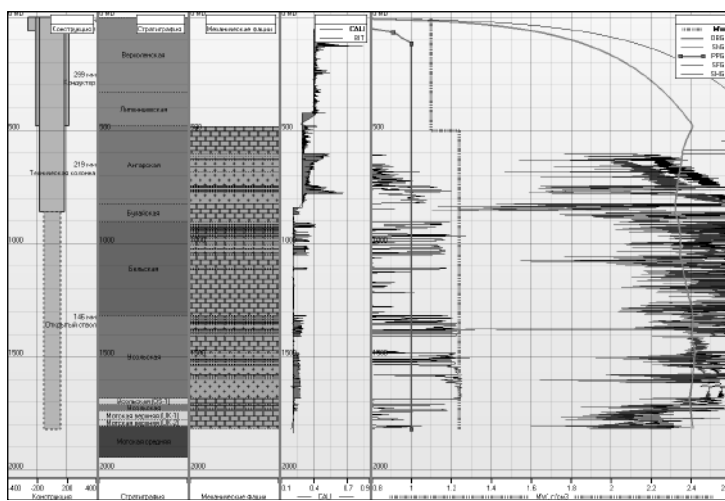


Рис 1. Одномерная (1D) геомеханическая модель околоскважинного пространства (скв. С). График совмещенных градиентов давлений

Третий этап включает построение трехмерной (3D) геомеханической модели. Для решения данной задачи временные кубы скоростей продольной/поперечной волн и

плотности пересчитаны в глубинный масштаб с использованием скоростной модели. Дополнительно осуществлена калибровка с учетом результатов одномерного моделирования.

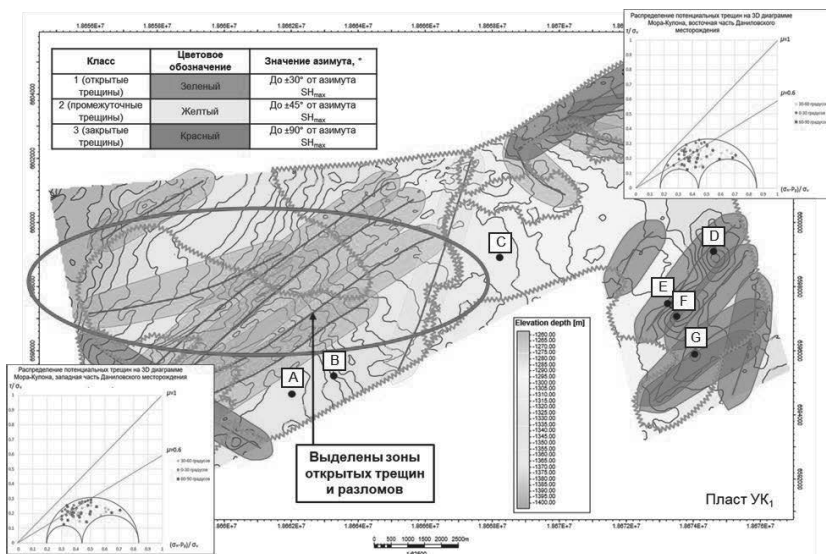


Рис 2. Структурная карта по кровле пласта УК1 с классификацией разломов по их азимутам

На основании полученной трехмерной модели механических свойств проведена оценка состояния трещин. Теория критически напряженного состояния предполагает вычисление сдвиговых и нормальных напряжений, испытываемых всеми трещинами и разломами *in situ* [2]. Показано, что в критически напряженном состоянии находятся такие трещины и разломы, азимут которых совпадает с азимутом максимального горизонтального напряжения (SH_{max}) или не превышает его на $\pm 30^\circ$. Они являются преимущественно открытыми и благоприятными для перетока флюида в пределах резервуара. Обосновано разделение месторождения на два условных блока (рис. 2). Закрытые трещины и разломы, выделенные на восточном блоке, препятствуют потоку флюидов и снижают проницаемость. На западном блоке азимут разломов и трещин практически совпадает с направлением SH_{max} . Их раскрытость и гидродинамическая связь подтверждается более высокими дебитами и меньшим засолением коллектора по сравнению с восточным блоком.

Литература

1. Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). Н.: СНИИГиМС. – 2007.
2. Barton, C. A., Zoback, M. D. Fluid flow along potentially active faults in crystalline rock // *Geology*, 23. – 683–686. – 1995.
3. Zoback M.D. *Reservoir Geomechanics*. UK, Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 505 p.

РИФЫ И РИФТЫ – УНИКАЛЬНЫЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Яковлева О.П.

yakovlevaolgap@gmail.com, Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва, Россия

В последние десятилетия резко возрос интерес геологов к изучению рифтогенеза как одного из важнейших тектонических процессов, которые оказывают огромное влияние на многие процессы, происходящие в земной коре и на её поверхности: формирование рельефа, осадконакопление, образование месторождений рудных, нерудных и горючих полезных ископаемых и др. Однако до недавнего времени роль рифтогенеза в геологической истории Земли недооценивалась. Результаты многих исследований показывают, что одним из важных факторов является накопление в рифтовых бассейнах (рифтовых впадинах) за относительно короткий срок (5-12 млн. лет) осадков большой мощности. Ускоренной реализации их углеводородного потенциала способствует погрев осадков в условиях высокого теплового потока. В силу этого именно рифтовые грабены и палеовпадины могут служить очагами нефти и газа. Получается, что рифты это области глубинного энергопотока. Многие осадочные бассейны мира (около 35%) связаны с процессами рифтогенеза [1].

Не менее важным фактором, определяющим устойчивость сохранения во времени рифовых и рифтовых систем в благоприятных для них условиях, являются процессы региональной и локальной геодинамики, проявляющиеся в разнонаправленных вертикальных движениях поверхности дна океанов и морей и характеризующиеся повышенным уровнем разгрузки глубинных флюидов. Проведение анализа скорости захоронения современных типов рифовых и рифтовых построек, рассмотрение условий сохранения в них разнообразных форм органического вещества в различных окислительно-восстановительных условиях дает возможность сопоставления этих процессов с формированием древних рифовых и рифтовых построек, с целью разработки дополнительных критериев для осуществления поиска перспективных месторождений УВ и методов более полного их извлечения [2].

Нами ранее установлено, что рифогенные продуктивные постройки являются не только гигантскими аккумуляторами углеводородов и других полезных ископаемых, но и источниками их образования, обладающими изначально, с момента их роста и захоронения, высоким комплексным генерационным потенциалом. По данным некоторых исследователей в рифах может содержаться от 35 до 48% нефти, газа порядка 23-28 % [3]. При этом риф как таковой может обладать функциями, присущими живому веществу (ЖВ); как объемное геологическое тело громадных размеров, создаваемое ЖВ; как объект седиментогенеза; как вещество косное - минерально-органический полимер; как объект процесса биоминерализации – создание каркасной рифогенной постройки и еще как месторождения углеводородов.

Какие из этих природных процессов были первичными? Рифогенез и или рифтогенез? Оба процесса существуют практически одновременно. В связи с чем, обязательно сопровождаются длительным осадконакоплением, формированием рельефа морского дна, разломами Земной коры и др.

Традиционно геологи-нефтяники пытались понять закономерности пространственного распределения и формирования месторождений углеводородов на основе изучения залежей нефти и газа континентов. Однако в последнее десятилетие в поле зрения специалистов попали и морские месторождения. По сути дела, только сейчас появилась возможность действительно в глобальном масштабе осмыслить природные закономерности, управляющие процессами преобразования ОВ в нефть.

На зависимость распространения многих видов полезных ископаемых в земной коре от глубинных разломов указывалось многократно. Особенно широко развиты процессы метасоматоза и гидротермальной деятельности, приводящие к концентрации месторождений олова, вольфрама, меди, ртути, углеводородных скоплений и др.

Установлена связь нефтяных и газовых месторождений с зонами глубинных разломов, расположенных как в фундаменте осадочных бассейнов, так и в осадочном чехле. Изучение глубинных разломов имеет большое значение и объясняется тем, что над глубинными разломами в осадочном чехле возникают системы локальных поднятий, валы, антиклинальные зоны, а также разрывы, экранирующие горизонты-коллекторы, зоны трещиноватости, барьерные рифы и т.д. Формирование данных тектонических структур определяется активизацией геодинамических процессов, которая характеризуется внедрением гидротермальных растворов и флюидов, способствующих благоприятному развитию рифогенных систем.

Понимание закономерностей формирования органогенных построек, расшифровка особенностей их внутреннего строения и состава, их взаимоотношения с другими осадочными толщами, проблемы эволюционных преобразований в геологическом времени с формированием всего известного комплекса полезных ископаемых имеет чрезвычайно важное значение.

Основу экосистемы рифа формируют, как известно, организмы, интенсивно отлагающие известь: кораллы, фораминиферы, известковые водоросли и др. Данная функция сопряжена у них с процессом фотосинтеза, что значительно ускоряет преобразование кальция в карбонатное вещество в сообществах рифов и приводит к его осаждению. В результате этого процесса более половины всего известкового материала осаждаются на дно из вод морей и океанов.

Современные рифовые постройки являются важным структурным элементом, отражающим геоморфологические особенности дна океанов, дифференциацию терригенного и карбонатного осадочного вещества вокруг них, а также физико-химические процессы его накопления и преобразования, связанные с формированием определенных систем биоценозов, их метаболизма и захоронения.

На основе анализа всего комплекса полученных нами экспериментальных данных по изучению образцов биогенных карбонатов, насыщающих их углеводородных и неуглеводородных компонентов, а также анализа литературных источников мы пришли к следующему выводу. Карбонатное породообразующее вещество органогенных построек изначально является природным биогенным многокомпонентным минерально-органическим полимером (МОП).

Этот природный МОП формируется за счет создания и накопления (концентрирования) живым веществом рифового биогеоценоза не только минеральных, но и органических (элементоорганических) веществ во всех фациях (биофациях) рифогенных построек. Концентрационная функция живого вещества способствует накоплению органической составляющей в составе МОП не в рассеянном, а в концентрированной виде, и поэтому МОП изначально обладает комплексным генерационным потенциалом, в том числе нефтегазоматеринским.

В связи с выше изложенным необходимо полагать, что нефтегазоносность рифовых систем нельзя рассматривать отдельно без учета активизации геодинамических обстановок, роли разломных зон как проводников глубинных флюидов в преобразовании органического вещества и его последующей генерации в общей для них геосистеме.

Литература

1. Рябухин Г.Е., Байбакова Г.А. Формирование и нефтегазоносность осадочных бассейнов в связи с рифогенезом // Геология нефти и газа. 1994. № 5. С. 34-39.
2. Яковлева О.П., Никонов А.И. Динамические особенности формирования рифов. Их связь с рифогенезом и нефтегазонакоплением. / В сб.: Геология рифов. Материалы Всероссийского литологического совещания. Институт геологии Коми НЦ Уро РАН. 2015. С. 163-164.
3. Н.А.Скибицкая, О.П.Яковлева. Эволюция карбонатного вещества месторождений углеводородов. М.: Наука.2000. Стр.142-146.

РОЛЬ ГЛУБИННЫХ РАЗЛОМОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ

Ясюкевич Н.И.

nikita.vasyukevich@mail.ru, УО «Белорусский государственный университет», г. Минск,
Республика Беларусь

Припятский прогиб сформировался в герцинский геотектонический этап развития запада Восточно-Европейской платформы. Промышленная нефтеносность Припятского осадочного бассейна связана с подсолевым терригенным, подсолевым карбонатным, межсолевым и верхнесоленосным девонскими комплексами. Территорию Припятского прогиба можно подразделить на три района: Северный нефтегазоносный, Центральный нефтегазоносный и Южный нефтегазоперспективный район. Одной из характерных особенностей нефтегазоносности Припятского прогиба является приуроченность почти всех месторождений УВ к Северному нефтегазоносному району, который ограничен Северо-Припятским и Червонослободско-Малодушинским региональными глубинными разломами.

В настоящее время в Припятском прогибе остаются неразведанными около 50 % прогнозных ресурсов нефти, в том числе в Северном нефтегазоносном районе – 42,7 % и в Центральном нефтегазоносном районе – 99,6 % [1].

По данным глубинных геофизических исследований, выполненных в последние годы по методике ГСЗ-МОГТ (метод глубинных сейсмических зондирований), установлено, что в строении Припятского прогиба принимают участие разломы мантийного и корового заложений [2]. Разломы мантийного и корового заложений оказывают большую роль для формирования в этих районах залежей углеводородов. Глубинные разломы являются каналами поступления мантийных углеводородов в верхние слои литосферы.

Можно сказать, что активные на современном этапе глубинные разломы и предопределили характер нефтеносности Припятского прогиба. Так, с Речицко-Вишанским глубинным разломом, который активно развивался в позднедевонское время, связано большинство месторождений нефти Светлогорского, Речицкого и Октябрьского районов, таких как Речицкое, Осташковичское, Вишанское, Тишковское, Полесское, Мармовичское, Угольское, Оземлинское и другие.

По данным новейших геофизических исследований на территории Припятского прогиба была установлена область развития листрического раскалывания земной коры. Она охватывает не только Припятский прогиб, но и примыкающие к нему районы Украинского щита и Белорусской антеклизы, которые образуют его плечи. Между плечами расположен Припятский грабен, который отделен от них листрическими разломами мантийного заложения. В пределах этого грабена выделяются две структуры второго порядка: Северная зона тектонических ступеней и Внутренний грабен. В свою очередь они расчленяются разломами мантийного (Северная зона тектонических ступеней) и корового заложения (Внутренний грабен) на структуры третьего порядка – тектонические ступени.

Листрические разломы пронизывают всю земную кору и проникают в верхнюю мантию до глубины 50-60 км [4]. В Северной нефтегазоносной зоне Припятского прогиба была выявлена система региональных разломов мантийного заложения. С этой системой региональных разломов связано множество известных месторождений нефти. Вдоль Северного краевого глубинного мантийного разлома были установлены Судовицкое, Березинское, Прохоровское месторождения. Вдоль сопутствующего ему Оземлинско-Первомайского разлома мантийного заложения установлены: Оземлинское, Южно-Оземлинское, Западно-Александровское, Южно-Александровское месторождения УВ.

Основное количество месторождений установлено в районе Речицко-Вишанского регионального мантийного разлома. К Речицко-Вишанскому региональному мантийному разлому относятся наиболее крупные по запасам месторождения нефти. Это Речицкое, Вишанское, Давыдовское, Осташковичское, Тишковское, Мармовичское, Сосновское и другие крупные месторождения УВ.

В районе Червонослободского регионального мантийного разлома, который ограничивает с севера структуру Внутреннего грабена, установлены следующие месторождения углеводородов: Октябрьское, Золотухинское, Северо-Домановичское, Казанское, Барсуковское. К югу от Червонослободского разлома, на территории, относящейся к Центральной нефтегазоносной области, на различном удалении от регионального разлома установлены Москвичевское, Комаровичское, Савичское, Западно-Бобровицкое месторождения УВ. Такая особенность глубинного геологического строения Припятского прогиба и определила характер нефтеносности, заключающийся в том, что почти все нефтяные месторождения приурочены к Северной зоне ступеней, сформированной мантийными региональными разломами: Северным прибортовым, Речицко-Вишанским и Червонослободским.

Формирование залежей углеводородов напрямую связано с кентрогенными структурами. Кентрогенными структурами называют узлы пересечения глубинных разломов. Типичным примером кентрогенной структуры на территории Припятского прогиба может быть слияние Березины и Днепра, а именно глубинных разломов вдоль которых они текут. Также примером кентрогенной структуры может быть пересечение Речицко-Вишанского и Малыньско-Гуровского активных разломов. Кентрогенные структуры характеризуются повышенными значениями неотектонических движений, нередко проявлением сейсмической активности. В Старобинской центриклинали к кентрогенным структурам, расположенным в зонах Северо-Припятского, Речицко-Вишанского и Червонослободско-Малодушинского мантийных разломов, приурочены эпицентры землетрясений с интенсивностью сотрясения земной поверхности от 1-2 до 4-5 баллов по шкале MSK-64 [3].

Основные перспективы нефтегазоносности пород на территории Припятского прогиба большей частью связаны с опущенными крыльями несогласных глубинных сбросов. На участках опущенных крыльев, примыкающих к зонам глубинных разломов возможно обнаружение ловушек углеводородов различных типов.

Перспективы нефтегазоносности Припятского прогиба также могут быть связаны с Микашевичским глубинным разломом. Благодаря данным сейсморазведки была выделена Селютичская структура, прослеживаемая на космических снимках в виде кольцевого объекта. В пределах Селютичской структуры было проведено бурение скважин и обнаружены породы-коллекторы, а именно песчаники, с нефтепроявлениями. Наличие нефтепроявлений в породах-коллекторах позволяет отнести этот район к нефтеперспективным.

Таким образом, изучение глубинных разломов играет важную роль при выявлении нефтеперспективных площадей в Припятском прогибе. При этом следует обратить внимание на узлы пересечения мантийных и коровых разломов, контролирующих залежи УВ.

1. Грибик Я.Г. // Инновационное развитие геологической науки – путь к эффективному и комплексному освоению ресурсов недр: Материалы Международной научно-практической конференции / Под ред. Э.А. Высоцкого. Мн., 2007. с. 390.
2. Гарецкий Р.Г., Клушин С.В.// Доклад АН БССР, 1988. Том 32, №1, с. 49-52.
3. Журавков М.А., Губин В.Н., Конищев В.С., Кутырло В.Э. Геодинамика Старобинской центриклинали Припятского прогиба. Минск: БГУ, 2015.
4. Айзберг Р.Е., Гарецкий Р. Г., Клушин С.В. // Советская геология. 1988. №12, с.3-14.
5. Губин В.Н. Новейшая активность и флюидодинамика глубинных разломов Припятского прогиба // Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География. 2016. № 3. с.113–117.

S-III

СЕКЦИЯ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОГРАФИИ И ГЕОХИМИИ

DARREH SARY METAPELITES THE KEY OF SANANDAJ-SIRJAN ZONE TECTONIC SETTING, IRAN

Tabatabaei Manesh S.M., Hemmati O., Nadimi A.R.
tabataba@sci.ui.ac.ir, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Introduction:

The Sanandaj-Srjan Zone (SSZ) is well known because of its metamorphic rocks and is between Zagros fold and thrust belt zone and Uromieh - Dokhtar Magmatic Arc (UDMA). Tectonic setting of this zone is an ambiguous until now. The Dareh Sary metapelites outcropped at the Northwest of Isfahan city and are in the middle of SSZ. At previous these rocks have been studied by some researchers like Karimi (2012), Karimi and Tabatabaei Manesh (2016). Provenance of metasediments can be useful in identifying the tectonic setting of area (Gerdes & Zeh 2006, Payne et al. 2006). Alterations obviously may significantly have important effects on the mobility of some elements in metamorphic rocks such as Si, Na, K, Ca and Rb (Spandlera et al. 2004). Hence, we consider relatively immobile elements such as the REE, HFSE, Zr, Sc and Th (Taylor & McLennan 1985, Bhatia & Crook 1986). So we use the Darreh Sary metapelites to identify SSZ tectonic setting.

Discussion:

Table 1 contains some chemical composition of Darreh Sary metapelites. Fig. 1-a shows the structural zones of Iran (Torabi & hemmati 2011, slightly modified) and fig. 1-b demonstrate the Dareh Sary simplified geological map (Golpayegan geological map 1992). According to the petrographical studies, metapelites of Dareh sary categorized in five category, include: slate, phyllite, muscovite - biotite schist, garnet schist and staurolite schists.

These rocks originated from a wide area because their compositions are like UCC (REEs normalized patterns plotted data at Fig. 2 a). So these rocks can represent the SSZ average composition. For identifying provenance of these metapelites, the present data were plotted in the figure 2 b and c. which use La-Th-Sc, Th-Sc-Zr/10 (Bhatia & Crook 1986), in these two figure the data plotted on the CIA (Continental Island Arc) restrict which indicate the provenance of Dareh Sary metapelites are CIA. The previous studies considered the SSZ as a part of Iranian microcontinent and Eurasia plate (Ghasemi and Talbot, 2005; Mohajjel et al., 2003, Numan 2001; Mohajjel and Fergusson, 2000), now we can say SSZ was a separated microcontinent and is different from other tectonic part of Iran.

Method Sample	ICP-MS									
	Darreh Sary									
	DS-28 (Slate)	DS -29 (Slate)	DS-37 (Phyllite)	DS -40 (Phyllite)	DS -42 (Ms-Bt Schist)	DS -43 (Ms-Bt Schist)	DS -47 (Grt Schist)	DS -48 (Grt Schist)	DS -50 (St Schist)	DS -53 (St Schist)
Sc	22.75	36.95	35.69	15.05	31.80	20.17	16.93	22.73	10.87	13.63
Th	12.00	13.00	14.20	6.05	5.10	11.30	6.70	13.60	9.00	10.40
Zr	146.00	144.00	146.00	164.00	149.00	139.00	129.00	185.00	180.00	137.00
La	36.13	27.32	29.10	24.20	25.90	45.50	20.80	35.30	31.70	35.20
Ce	71.40	53.40	58.00	41.30	53.70	91.70	37.70	71.60	66.30	68.20
Pr	8.81	6.28	7.64	5.75	6.72	11.50	4.61	9.09	8.21	8.20
Nd	34.10	23.70	28.50	22.40	27.30	47.00	17.90	36.50	33.80	31.70
Sm	6.42	4.72	5.40	4.50	5.10	10.70	3.60	7.50	7.10	6.10
Eu	1.41	1.15	1.92	1.49	1.53	3.44	1.27	1.95	1.58	1.15
Gd	5.71	4.75	4.93	4.31	4.80	11.90	3.97	6.97	6.25	4.95
Tb	0.86	0.84	0.78	0.66	0.73	1.96	0.76	1.19	1.00	0.83
Dy	5.27	5.33	4.66	3.76	4.35	11.20	5.12	7.43	5.85	5.07
Ho	1.03	1.09	0.91	0.75	0.99	2.13	1.03	1.50	1.16	0.97
Er	3.04	3.12	2.69	2.32	2.72	5.78	2.90	4.22	3.63	2.82
Tm	0.46	0.43	0.37	0.39	0.39	0.78	0.42	0.57	0.51	0.40
Yb	2.81	2.61	2.60	2.40	2.70	4.30	2.80	3.70	3.30	2.80
Lu	0.48	0.37	0.46	0.35	0.45	0.64	0.41	0.51	0.51	0.38

Table 1. Some whole rock chemical composition of Dareh Sary metamorphic rocks. (trace elements in ppm)

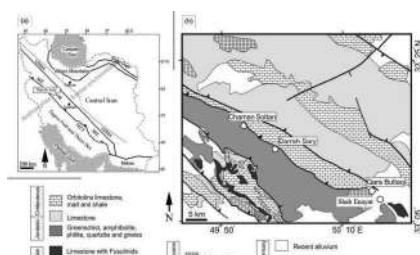


Fig. 1. a) Structural map of Iran (MZT = Main Zagros Thrust) (after Torabi and Hemmati 2011, slightly modified). b) the Darreh Sary area geological map (after Golpayegan geological map 1992, slightly modified).

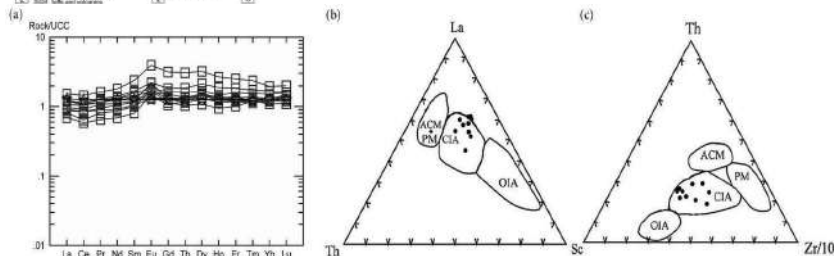


Fig. 2. a) Rock/UCC REE patterns (UCC data is after Taylor and McLennan, 1985 and the PAAS data is after McLennan et al., 1990), b & c triangular trace element diagrams of La-Th-Sc and Th-Sc-Zr/10 (Bhatia and Crook 1986) for Darreh Sary metapelites.

References

- Bhatia, M.R., Crook, K.A., 1986, Trace elements characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 92: 181–193.
- Gerdes, A., Zeh, A., 2006, Combined U–Pb and Hf isotope LA-(MC-)ICP-MS analyses of detrital zircons: Comparison with SHRIMP and new constraints for the provenance and age of an Armorican metasediment in Central Germany, *Earth and Planetary Science Letters*, 249: 47–61.
- Ghasemi, A., Talbot, C.J., 2005, A New Tectonic Scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran), *J. Asian Earth Sci.*, 26: 683–693.
- Karimi, S., 2012, Petrology of metamorphic rocks in Northern Sanandaj– Sirjan Zone (Muteh - Aligudarz). Ph. D Thesis, University of Isfahan (In Persian).
- Karimi, S., Tabatabaei Manesh, S.M., 2016, Textural relations, P-T path, polymetamorphism and also geodynamic significance of metamorphic rocks of the Aligudarz-Khonsar region, Sanandaj-Sirjan zone, Iran, *Petrology*, 24: 100-115.
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L., 2000, Dextral transpression in Late Cretaceous continental collision, Sanandaj – Sirjan Zone, western Iran, *Journal of Structural Geology*, 22: 1125-1139.
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L., Sahandi, M.R., 2003, Cretaceous, Tertiary Continental Collision, Sanandaj-Sirjan Zone, Western Iran, *Journal Asian Earth Science*, 21: 397–412.
- Payne, J.L., Barovich, K.M., Hand, M., 2006, Provenance of metasedimentary rocks in the northern Gawler Craton, Australia: Implications for Palaeoproterozoic reconstructions, *Precambrian Research*, 148, 3–4: 275–291.
- Spandler, C., Hermann, J., Arculus, R., Mavrogenes, J., 2004, Geochemical heterogeneity and element mobility in deeply subducted oceanic crust; insights from high-pressure mafic rocks from New Caledonia, *Chemical Geology*, 206: 21– 42.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985, *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*, London, Oxford Blackwell 327 p.
- Torabi, G., Hemmati, O., 2011, Alkaline basalt from the central Iran, a mark of previously subducted paleo-tethys oceanic crust, *Petrology*, 19, 7: 690–704.

КОМПЛЕКСНОЕ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ АГАРДИТА-(Ce): НОВЫЕ ДАННЫЕ О
КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ, ОСОБЕННОСТЯХ ВОДОРОДНЫХ
СВЯЗЕЙ И ЭПИТАКСИЧЕСКИХ СРАСТАНИЯХ С Sb-АНАЛОГОМ
АУРИАКУСИТА

Аксенов С.М.¹, Чуканов Н.В.², Геттликер Й.³, Зарубина Е.С.¹, Расцветаева Р.К.¹

¹ aks.crys@gmail.com, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва, Россия

² Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, Россия

³ Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Photon Science and Synchrotron Radiation (IPS),
Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

Группа миксита объединяет гексагональные арсенаты и фосфаты с общей формулой $ACu_6(To_4)_{3-x}(To_3OH)_x(OH)_6 \cdot 3H_2O$, где $A = REE^{3+}$, Ca, Pb, Bi³⁺, Al; $T = As^{5+}$, P⁵⁺, $x = 0 - 1$. В зависимости от состава T -позиции выделяются две подгруппы: миксита ($T = As$) и петерсита ($T = P$). К настоящему времени в группе миксита насчитывается 11 самостоятельных минеральных видов. Нами изучен образец агардита-(Ce), найденный на месторождении Клара Майн (Германия), в ассоциации с кварцем и бариофармакосидеритом [1]. Агардит-(Ce) представлен тонкими (до 0.04 мм) оливково-зелеными кристаллами с длиной до 1.5 мм, на концах которых располагаются еще более тонкие игольчатые агрегаты Sb-аналога ауриакусита (в длину до 40 мкм). Оба минерала образуют соосные эпитаксиальные сращения благодаря близости параметров с элементарных ячеек.

Химический состав определен с помощью электронного микроскопа Tescan VEGA-II XMU, оснащенного Oxford INCA Wave 700 спектрометром. Эмпирическая формула (с учетом данных XANES-спектроскопии) агардита-(Ce) – $[(Ce_{0.32}La_{0.19}Nd_{0.15}Pt_{0.06}Gd_{0.04}Y_{0.04}Sm_{0.03}Eu_{0.02})_{REE}0.85Ca_{0.20}Sr_{0.06}]_{\Sigma 1.11}(Cu_{5.74}Fe^{3+}_{0.16}Mn^{2+}_{0.02})_{\Sigma 5.92}[(AsO_4)_{2.89}(PO_4)_{0.04}(SiO_4)_{0.04}(Sb^{5+}O_4)_{0.03}]_{\Sigma 3.00}(OH)_{5.97}O_{0.03} \cdot 3H_2O$; Sb-аналога ауриакусита – $Ca_{0.06}Ce_{0.04}Fe^{3+}_{1.06}Cu_{0.89}[(Sb^{5+}O_4)_{0.58}(AsO_4)_{0.38}(SiO_4)_{0.04}]_{\Sigma 1.00}O_{1.12}$. Преобладание Sb^{5+} среди тетраэдрических катионов в Sb-аналоге ауриакусита встречено впервые в природных образцах. Степень окисления Fe(III) и Sb(V) установлена с помощью FeK и SbL_{2,3} XANES-спектроскопии, которая была выполнена на станции SUL-X синхротрона ANKA (Karlsruhe Institute of Technology, Германия).

Рентгеноструктурное исследование агардита-(Ce) выполнено при 120 К с использованием дифрактометра Bruker Smart Apex II. Параметры гексагональной ячейки: $a = 13.598(6)$ Å, $c = 5.954(3)$ Å; $V = 953.2$ Å³; пр. гр. $P6_3/m$. Кристаллическая структура уточнена до итогового $R_1 = 3.87$ в анизотропном приближении с использованием $786 I > 2\sigma(I)$. Кристаллическая структура изученного агардита-(Ce) аналогична другим представителям группы и характеризуется гетерополиэдрическим каркасом, образованным печочками из реберносвязанных CuO_5 -пирамид, объединенные изолированными AsO_4 -тетраэдрами. Две параллельные системы крупных каналов в структуре агардита-(Ce) заполнены катионами REE^{3+} и молекулами воды, соответственно. Локализация всех позиций атомов водорода позволила детально проанализировать водородные связи. Нами установлено присутствие симметричных водородных связей, а также дополнительный пик электронной плотности, который может быть объяснен как результат частичного переноса протона H^+ от одного O5-атома кислорода к соседнему по схеме: $H1-O5-H \cdots O5i-H1 \leftrightarrow H1-O5 \cdots H^+ \cdots O5i-H1 \leftrightarrow H1-O5 \cdots H-O5i-H1$. Такая интерпретация хорошо согласуется с данными ИК-спектроскопии и подтверждается присутствием дополнительных полос при 695 см⁻¹ и $1090-1600$ см⁻¹.

Работа выполнена при поддержке ФАНО (согл. № 007-ГЗ/Ч3363/26).

Литература

1. Aksenov S.M., Chukanov N.V., Gottlicher J., et al. // Phys. Chem. Miner. 2017. V. 45. P. 39.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ВЫСОКОФТОРИСТОГО И ВЫСОКОТИТАНОВОГО АМФИБОЛА ИЗ ГОРНОГО РЕГИОНА АЙФЕЛЬ, ГЕРМАНИЯ

Аксенов С.М.¹, Чуканов Н.В.², Расцветаева Р.К.¹

¹ aks.crys@gmail.com, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва, Россия

² Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, Россия

Минералы надгруппы амфибола являются важнейшими широко распространенными породообразующими минералами и характеризуются большим разнообразием химического состава, которое можно описать общей формулой $AB_2C_5(T_8O_{22})W_2$. Среди минералов надгруппы амфибола выделяется подгруппа кальциевых амфиболов, которая определяется следующим условием: $B/(Ca + \sum M^{2+}) / \sum B \geq 0.75$ и $\sum M^{2+} / \sum B > B/Ca / \sum B$ [1]. Данная подгруппа включает в себя восемь семейств. Среди них особенно интересными являются высокотитановые представители с содержанием ${}^C Ti > 0.5$ атома на формулу, принадлежащие семейству керсутита с общей формулой $NaCa_2C_5(Si_6Al_2O_{22})O_2$, объединяющее в настоящее время минералы керсутит ($C_5 = Mg_3AlTi$), ферро-керсутит (Fe^{2+}_3AlTi) и ферри-керсутит ($Mg_3Fe^{3+}Ti$). Идеализированная формула еще одного гипотетического высокотитанового минала ("rootname 4", [1]) – $NaCa_2(Mg_4Ti)(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$, которая может быть получена из формулы эденита $NaCa_2(Mg_5)(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$ по схеме ${}^C Ti^{4+} + 2{}^T Al = {}^C Mg + 2{}^T Si$ [1].

Нами изучен образец высокофтористого (${}^W F > 1$ атома на формулу) и высокотитанового (${}^C Ti > 0.5$ атома) кальциевого амфибола, найденный в щелочных базальтах вулкана Ротенберг (Айфель, Германия) [2]. Химический состав определен с помощью электронного микроскопа Tescan VEGA TS 5130MM SEM, оснащенного энергодисперсионной приставкой INCA. Эмпирическая формула $(Na_{0.65}K_{0.30})(Ca_{1.95}Na_{0.05})(Mg_{3.36}Fe^{3+}_{0.87}Fe^{2+}_{0.13}Ti_{0.60})(Si_{5.92}Al_{2.08})O_{22}(F_{1.11}O_{0.89})$. Соотношение $Fe^{2+}:Fe^{3+}$ определено из условия электронейтральности формулы. Отсутствие OH-групп подтверждается данными ИК-спектроскопии.

Рентгеноструктурное исследование выполнено при комнатной температуре с использованием дифрактометра XCalibur Oxford Diffraction. Параметры моноклинной ячейки: $a = 9.8684(2)$ Å, $b = 18.046(1)$ Å, $c = 5.3113(1)$ Å; $V = 911.26(3)$ Å³; пр. гр. $C2/m$. Кристаллическая структура уточнена до итогового $R_1 = 3.33$ в анизотропном приближении с использованием $3661 I > 2\sigma(I)$.

Кристаллическая структура изученного амфибола аналогична другим представителям надгруппы, а кристаллохимическая формула имеет вид ($Z = 2$): $A^{(m)}(Na_{0.30}K_{0.125})^{A(2)}(Na_{0.2}K_{0.1})^{A}(Na_{0.15}K_{0.075})^{M(4)}(Ca_{1.95}Na_{0.05})^{C[M(1)]}(Mg_{1.2}Ti_{0.43}Fe^{3+}_{0.37})^{M(2)}(Mg_{1.45}Fe^{3+}_{0.38}Ti_{0.17})^{M(3)}(Mg_{0.75}Fe^{2+}_{0.13}Fe^{3+}_{0.12}) [{}^T(Si_{5.92}Al_{2.08})O_{22}] {}^W(F_{1.11}O_{0.89})$. Упорядочение Ti по $M(1,2)$ -позициям контролируется несколькими факторами: титан в $M(1)$ обеспечивает локальную электронейтральность оксокомпоненте в $O(3)$ -позиции за счет локальной титанильной группы ${}^{M(1)}Ti^{4+}O^{3-}_2$, в то время как Ti в $M(2)$ участвует в изоморфном замещении по схеме ${}^{M(2)}Ti^{4+} + {}^{T(1)}Al^{3+}_2 \leftrightarrow {}^{M(2)}(Mg,Fe)^{2+} + {}^{T(1)}Si^{4+}_2$ [3]. Отличительной особенностью изученного амфибола является также преобладание фтора (1.1 атома) в $O(3)$ -позиции, что, в совокупности с отсутствием OH-групп, свидетельствует о пневматолитовом генезисе.

Изученный нами образец является первым фтор-доминантным высокотитановым представителем надгруппы амфибола. Он может быть рассмотрен как F-аналог ферри-керсутита $NaCa_2[Mg_3Fe^{3+}Ti](Si_6Al_2O_{22})O_2$ или F- и Fe^{3+} -аналог гипотетического "rootname 4"-минала $NaCa_2[Mg_4Ti](Si_5Al_3O_{22})(OH)_2$.

Литература

1. Hawthorne F.C., Oberti R., Harlow G.E., et al. // Am. Mineral. 2012. V. 97. P. 1031-2048.
2. Aksenov S.M., Chukanov N.V. // Z. Kristallogr. 2016. V. 231. P. 385-390.
3. Oberti R., Hawthorne F.C., et al. // Rev. Miner. Geochem. 2007. V. 67. P. 125-171.

ЭЛИЗИОННО-КАТАГЕНЕТИЧЕСКОЕ СУЛЬФАТОНАКОПЛЕНИЕ В ПОГРАНИЧНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОГО БОРТА ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА

Бугина В.М.¹, Георгиевский А.Ф.²

¹bugina_vm@rudn.university, Российский Университет Дружбы народов,
г. Москва, Россия

²georgievskiy_af@rudn.university, Российский Университет Дружбы народов,
г. Москва, Россия

При проведении геологических изысканий в низовьях р. Клязьмы пробурен профиль длиной в 9,5 км из 21 буровой скважины. До глубины 100 м ими вскрываются терригенно-глинистые уржумские и карбонатно-сульфатные сакмарские отложения пермской системы.

Верхний (уржумский) комплекс относят к красноцветной формации, где ярко окрашенные и плохо отмученные глины включают прослои олигомиктовых песчаников и алевролитов с базальным глинистым цементом. Состав глинистой части хлорит-гидрослюдистый с обильной примесью дисперсного доломита. Мощность красноцветов по скважинам варьирует от 12 до 43 м, составляя в среднем около 20 м.

Нижний (сакмарский) карбонатно-сульфатный комплекс объединяет лагунно-морские доломиты, доломитизированные известняки, гипсы и ангидриты с линзовидными включениями и гнездами ярко красной глины. Породы неравномерно переслаиваются, невыдержанны по простиранию и, в большинстве случаев, характеризуются пятнисто-брекчиевидными и полосчато-узурчатыми текстурами из перекристаллизованных доломитовых и сульфатных минеральных фаз.

Принципиально важным для отложений обоих комплексов является развитие ангидритово-гипсовой минерализации. Обращает внимание асимметричное ее распределение относительно их контакта. Наиболее масштабно она развита в приквельной части сакмарского комплекса, где представлена невыдержанными линзо- и пластообразными телами мощностью 15-20 м. Напротив, вверх по разрезу уржумского комплекса интенсивность минерализации стремительно падает, так что ее присутствие здесь ощущается только в виде мелких конкреций гипса, его метакристаллов и прожилков, а также пятен метасоматического замещения и пойкиллитового цемента в обломочных породах.

Особенно агрессивно сульфатный метасоматоз проявился в сакмарском комплексе, где вторичная природа гипсовой и ангидритовой минерализации устанавливается по включениям реликтовой примеси. Судя по ней, замещались микрозернистые доломиты и тонко отмученные глины.

Намечаются два механизма замещения. Первый связан с зонами трещиноватости, где гипс разрастался поперек трещин по типу «гребенок» субпараллельных кристаллитов.

Второй механизм проявлялся в развитии пойкиллитовых структур и формировании крупных ксеноморфных зерен, которые захватывали целые фрагменты окружающей доломитовой или глинистой минеральной массы.

С гипсом тесно связаны выделения ангидрита. Их взаимоотношение сложное и противоречивое. Наблюдаются как обособления гипса с реликтами ангидрита, так и обратная картина. В последнем случае ярким подтверждением сказанного служат крупные (до 2–5мм) ангидритовые монокристаллические псевдоморфозы по «лапчатым» выделениям гипса, где сохраняются ранее захваченные корродированные зерна доломита и даже мелкие фрагменты доломитовых пород с биогенными структурами.

Наконец, отмечена ангидритовая фаза, непосредственно не связанная с дегидратацией гипса. Она представлена «чистыми» мелкочешуйчатыми агрегатами, которые образуют среди псевдоморфоз ангидрита прожилково-пятнистые обособления. Тем самым, фиксируются наиболее поздние катагенетические процессы растворения и переотложения ангидритового вещества в пустотах и трещинах сокращающегося в объеме гипса при его обезвоживании и трансформации в ангидрит.

И так, по всему вскрытому уржумско-сакмарскому разрезу устанавливается вторичная природа сульфатных образований, связанных с седиментационно-диагенетическим и катагенетическим этапами развития ангидрит-гипсовой минерализации.

Породообразующее значение сульфатная минерализация приобрела в катагенезе при массовом метасоматозе карбонатных, глинистых и песчаных отложений. Нельзя сказать, что данное заключение является чем-то новым и необычным. По крайней мере, о возможности этого процесса в свое время писал еще А.Е. Ферсман [1922], связывая его с воздействием на породы высокоминерализованных тяжелых рассолов, гравитационно просачивающихся из лежащих выше по разрезу захороненных соленосных толщ. В современной литературе за подобным механизмом минералообразования закрепился термин гравитационно – рассольного катагенеза [Холодов, 1982]. Наверно, наиболее ярко глобальность этого явления для регионов развития эвапоритовых формаций была показана В.М. Махначом [1982].

В отличие от таких многократно описанных случаев для рассматриваемого региона ситуация выглядит нестандартно. Необычность ее сводится к следующим двум моментам. Во-первых, в разрезе отсутствуют залежи солей, способные генерировать сульфатсодержащие рассолы и создавать гравитационный фильтрационный эффект для просачивания их в подстилающие отложения. Во-вторых – масштаб вторичной сульфатизации многократно превышает известные случаи. Ведь речь здесь идет уже не о прожилковой и гнездообразной минерализации, а линзо- и пластообразных телах, тяготеющих к контакту существенно глинистого уржумского и карбонатного сакмарского комплексов. Правомерен вопрос: чем обусловлены вышеотмеченные особенности? Очевидно, ключом для решения проблемы могут стать представления об уджумских отложениях как своеобразном водоупоре и геохимическом барьере для движущихся флюидов-растворов. Если это так, то именно такую «глинистую крышку» следует рассматривать в качестве главной причины массовой катагенетической сульфатизации залегающих под ней доломитизированных биогенных известняков и глинистых пелитоморфных доломитов. В свете сказанного еще один момент требует внимания – это источник метасоматических растворов. Учитывая катагенетическую природу сульфатизации, весьма привлекательной становится модель элизонного катагенеза. Принимая ее за основу, логично связать образование изученных сульфатных пород с рассолами эвапоритовых толщ Предуральского прогиба, уплотнение которых сопровождалось миграцией продуктивных растворов к его краевым частям. Поражает реакционная способность сульфатного метасоматоза, которая не уступает по своей агрессивности латеритному выветриванию. Процесс буквально «стирает» все предыдущие минеральные фазы, включая терригенный кварц и акцессорные минералы. Привлекает внимание высокая подвижность малорастворимых оксидов Si и Al. Следовательно, метасоматоз протекал на фоне сильно щелочной среды с $pH > 10$, поскольку только при таких условиях возможна активная совместная миграция кремния и алюминия [Безбородов, 1989]. С другой стороны, при огипсовании также происходит осветление пород и удаляются гидроокислы железа. Это, в свою очередь, очевидно, указывает на восстановительный характер метасоматических растворов.

Литература

1. Безбородов Р.С. Краткий курс литологии. М., РУДН, 1989, 314 с.
2. Махнач А. А. О глобальном развитии галогенной катагенетической минерализации осадочных пород под эвапоритовыми формациями. М., Литология и полезные ископаемые. №3, 1982, с.59-66
3. Ферсман А. Е. Геохимия России. Петроград. Тех.-хим. издат. 1922. 214с.
4. Холодов В. Н. Новое в познании катагенеза. М., Литология и полезные ископаемые, №3, 1982, с.3-22.

V-СОДЕРЖАЩИЙ ТУРМАЛИН ИЗ ЮГО-ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА

Н.В.Гореликова¹, А.М.Портнов², В.И.Таскаев¹, В.И.Чижова¹, ²Балашов Ф.В.¹, Боева Н.М.¹

¹ ngor@igem.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН), Москва, Россия

² a.m.portnov@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Турмалин, минерал сложного переменного состава, имеет несколько разновидностей, среди которых самой редкой является V-содержащий турмалин, который найден только в нескольких местах мира – в Средней Азии, Узбекистан, (Тему-Кабуке), где V-турмалин образует скопления в кварцитах и в зальбандах кварцевых жил [1] в золотоносных жилах среди катаклазированных линз углеродистого вещества в пределах Тянь-Шанской складчатой системы [2], в кварцевых жилах в метаморфических породах Слюдянки (Россия) [3], в метаморфических карбонатных породах Приморья [4] и др. Во всех случаях турмалины имеют повышенное содержание V₂O₃ (до 6%), низкое содержание FeO и Fe₂O₃ и повышенное –MgO, т.е. они представлены V-дравитами.

Ванадиевый турмалин найден нами в кварцевых жилах, пересекающих черные углистые кремнистые сланцы верхнего протерозоя в горах Ауминзатау (Юго-Восточный Узбекистан). Кремнистые сланцы протерозоя отличаются от вышележащих черных кварц-серпичитовых сланцев бесапанской свиты нижнего палеозоя повышенным содержанием в углистом веществе V и U до 50⁻⁴ ppm.

В протерозойских сланцах отношение K/Rb - 800, что указывает на их отложение в океане в условиях геохимического влияния базальтов. В отличие от них вышележащие черные сланцы бесапана содержат до 3-4% K и Na, K/Rb=250, что характеризует их, как внутриконтинентальные отложения. Черные сланцы подвержены интенсивному воздействию герцинского гранитоидного магматизма. Кварцевые жилы и зоны окварцевания имеют мощность до 10 см, травяно-зеленый турмалин образует оторочки в зальбандах жил, на контакте с вмещающими черными сланцами. Турмалин образует агрегаты зеленых игольчатых кристаллов в тонком сростании с бесцветным кварцем.

Турмалин – распространенный боросиликат с обобщенной формулой и характерным проявлением изовалентного и гетеровалентного изоморфизма в кристаллической структуре:

$X^Y Y^Z Z_6 [T_6 O_{18}] [BO_3]_3 V_3 W$, где X = Na, Ca, K, Vac (вакансия); Y = Li, Mg, Fe²⁺, Mn²⁺, Ni, Al, Cr³⁺, V³⁺, Fe³⁺, (Ti⁴⁺); Z = Mg Al Fe³⁺ V³⁺ Cr³⁺; T = Si Al (B); B = B, Vac; V = OH, O; W = OH, F, O [4].

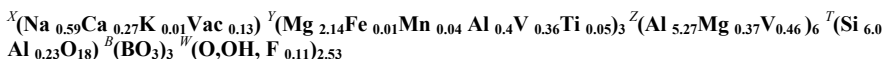
Природные разновидности турмалина, по данным рентгеноструктурного анализа, отличаются друг от друга симметрией шестичленного кольца из кремниевых тетраэдров [5]. Для структуры дравита характерна дитригональная симметрия кольца [6], для эльбаита - гексагональная [6, 7]. Структура турмалина представляет собой островную слоистую систему, состоящую из тетраэдрических кремниевых и октаэдрических магниево-алюминиевых слоев. Катионы располагаются в позициях Y, Z, щелочные металлы - в позиции X.

Кроме дравита, шерла и эльбаита, встречаются редкие разновидности турмалина, такие, как тсилазит – Mn турмалин, хромовая разновидность с высоким содержанием Cr₂O₃, цинковый турмалин синего цвета из пегматитов Конго, свинцовый турмалин из гранитных пегматитов Малого Хингана, и титановый турмалин шерлового и дравитового состава из хлоритовых сланцев [8].

При микроскопическом изучении V-содержащего турмалина из Ауминзатау установлено, что в проходящем свете ванадиевый турмалин образует длинно-призматические кристаллы травяно-зеленого цвета с ярко выраженным плеохроизмом в буро-зеленых тонах. В скрещенных николях он имеет характерные для турмалина яркие окраски II порядка.

Термическое поведение турмалина при нагревании изучено методом синхронного термического анализа (СТА). Записывались кривые дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ) на приборе NETZSCH STA 449 F3 Jupiter®. Синхронный термический анализ подтверждает структуру турмалина, содержание H₂O+ в котором составляет 2.63%, содержание адсорбционной H₂O - 0.31%.

По данным рентгеноспектрального микроанализа (JXA-8200), V-турмалин имеет повышенное содержание Mg, V и низкое Fe и P3Э, т.е соответствует дравиту с обобщенной формулой :



Корреляционный и R-факторный анализы выявляют отрицательные корреляции V³⁺ с Al³⁺, что подтверждает положение V³⁺ в Al октаэдре.

Рассмотренный материал показывает, что V-турмалин типоморфен для метаморфизованных и гранитизированных черных сланцев, сформированных в условиях океанического базальтоидного магматизма. V³⁺(0,067 нм) замещает Al³⁺(0,057 нм) и является хромофором таких цветных минералов, как V-турмалин и изумруды Колумбии [9].

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания по теме 0136-2018-0025.

Литература

1. Бадалов С.Т. Новая разновидность турмалина//Зап. Узбекстанского отделения Всесоюзного Минералогического общества. 1951. С.84-89.
2. Рушинова О.В. и др. «Чуждые» элементы в золоторудных полях Средней Азии//Материалы научной конф.. М.: ИГЕМ РАН. 2008. С.334-337.
3. Bosi F. et al.. Oxy-vanadium-dravite, NaV₃(V₄Mg₂)(Si₆O₁₈)(BO₃)₃(OH)₃O: Crystal structure and redefinition of the “vanadium-dravite” tourmaline. *American Mineralogist*, 2013. Volume 98, pages 501–505.
4. V.T. Kazachenko V. & al..Vanadian-chromian tourmaline and vanadian muscovite in contact-metamorphosed carbonaceous rocks, Primorye, Russia//Canadian Mineralogist. 1993. Vol. 31, pp. 347- 356.
5. Hawthorne et al.. Reassignment of cation site occupancies in tourmaline - Al-Mg disorder in the crystal-structure of dravite. *American Mineralogist*, 78, 265-270. 40.
6. Barton R.I.. Refinement of the crystal structure of buergerite and the absolute orientation of tourmaline//. *Acta Cryst.*. 1969. Vol.25, N 8. P. 1524-1533.
7. Donnay G., Buerger M.I. The determination of the crystal structure of tourmaline// *Acta Crystal.*. 1959. Vol. 3. P. 379-385.
8. Барсанов Г.П., Яковлева М.Е. Эльбаит и некоторые редкие разновидности турмалина//Новые данные о минералах СССР. Москва: Наука. 1966. С.3-25.
9. Clements T. The Emerald Mines of Muzo, Colombia, South America//*Gems and Gemmology*, vol. III, N 9, 1941; p. 130-138.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОФИЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ВЗВЕСИ ВОДОЕМОВ ТВЕРСКОЙ И ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ ПО ДАННЫМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Гришанцева Е.С., Демин В.В., Завгородняя Ю.А., Червякова П.С.
SHES99@mail.ru, Московский государственный университет им.Ломоносова, Геологический
факультет, Москва, Россия

Целью работы являлось получение информации о содержании и распределении основных групп минералов и сравнительный анализ ИК-спектров донных осадков водоемов Тверской и Владимирской областей и спектров их отдельных гранулометрических фракций. Метод ИКС широко применяется в геологии, почвоведении, однако, для исследования минеральных компонентов донных осадков и взвеси он ранее почти не применялся. По характеру спектров были идентифицированы преобладающие группы минералов в донных осадках и их гранулометрических фракциях и проведен сравнительный анализ составов донных осадков различных водных объектов. Для исследования были выбраны донные осадки водоемов Тверской и Владимирской областей. Во Владимирской области были опробованы донные отложения р.Клязьма, оз. Ершевик и Игнатково. В Тверской области для исследования были отобраны донные отложения и взвесь 6 створов Ивановского водохранилища. Для донных осадков створа Мелково исследования выполнялись для четырех гранулометрических фракций донных отложений $>0,5$ мм; 0,25-0,5 мм; 0,1-0,25 мм; $<0,1$ мм. Съемку инфракрасных спектров образцов проводили на спектрофотометре FTIR Tenzor 27 (Bruker) в области 4000-400 см^{-1} . Подготовку образцов к съемке выполняли по стандартной методике с использованием КВт-техники. Математическую обработку полученных данных с построением корреляционных дендрограмм проводили с применением программы OPUS 7.0 (Bruker). Идентификацию полос поглощения спектров исследуемых донных осадков проводили по справочным данным [1, 2]. ИК-спектр донных осадков представляет собой набора полос различной степени интенсивности, основные из которых определяются на спектрах практически всех исследованных донных отложений. Главными минеральными компонентами, которые определяют общий вид спектра, являются минералы каолининовой группы для которых характерно поглощение при 3698, 3621, 3421 (валентные колебания OH- групп глинистых минералов); 1643 (валентные колебания диполей молекул НОН, OH- групп глинистых минералов); 1085, 1036 (валентные колебания групп Si-O); 916 (Al^{VI} -O-H O глинистых минералов); 795, 779 (Si-O минералов, аморфной кремнекислоты); 692 ($\text{Si-O-Me}^{\text{IV}}$); 520, 460 см^{-1} (Si-O кварца, каолинита, галлуазита, монтмориллонита и др.). Кроме того, для большинства спектров проявляется небольшая по интенсивности полоса поглощения с двойным максимумом около 2855 и 2925, это CH_2 - CH_3 - группы органических компонентов аллохтонного органического вещества. Самую большую интенсивность эта линия поглощения имеет на образце донных осадков оз. Игнатково, донные осадки которого представлены слаборазложившимися растительными остатками с небольшой долей минеральной компоненты. Максимум поглощения высокой интенсивности при 1032 может быть обусловлен большим количеством кремниевых раковин диатомовых водорослей, т.к. этот пик имеет максимальные значения для образца взвеси и донных осадков оз.Ершевик, отобранных в летний период во время максимального развития диатомовых водорослей и становится в 2 раза менее интенсивным в осенний. Судя по инфракрасным спектрам все исследованные донные осадки имеют кварцево-каолининовый состав. Полосы поглощения каолинита имеют ярко выраженные максимумы в области 3698, 3621, 3421 см^{-1} . Вторым преобладающим компонентом минерального состава является кварц, о наличии которого свидетельствует характерный дублет 790-800 см^{-1} . Проявление этой линии в донных осадках обусловлено присутствием аморфных модификаций оксида кремния, хотя преобладающими компонентами в образцах являются минералы каолининовой группы, что характерно для всех исследованных донных осадков. Исключением является образец донных осадков оз.

Игнатково спектр, которого имеет иную конфигурацию – на нем отсутствуют максимумы в области 3698, 3621 см^{-1} (полосы поглощения глинистых минералов каолиновой группы) и дублет 790-800 см^{-1} . Спектр донных осадков оз.Игнатково в коротковолновом диапазоне имеет широкий диффузный максимум при 3400 см^{-1} , обусловленный валентными колебаниями диполей молекул Н-О-Н монтмориллонита и слабой интенсивности пик-дублет 2922, 2853 см^{-1} – полосы СН-групп органических компонентов. Донные осадки оз.Игнатково преимущественно представлены слабаразложившимися растительными остатками, что является причиной появления на спектре интенсивного пика в длинноволновом диапазоне при 1630 см^{-1} , являющегося признаком поступления аллохтонного растительного вещества. На спектре также есть интенсивная полоса в области 1035 см^{-1} валентных колебаний групп Si-O каолинита и слабой интенсивности пик при 530 и 460 см^{-1} деформационных колебаний групп Si-O-Me^{VI}, Si-O кварца, каолинита, монтмориллонита. Широкая полоса поглощения с максимумом около 3400 см^{-1} проявляется исключительно на спектре образцов донных осадков малых озер Владимирской области. Это ОН-группа органических веществ. Эти результаты хорошо согласуются с результатами определения содержания $C_{\text{орг}}$ в донных осадках. Полосы СН-, NH и С=О групп компонентов органического вещества при 2927 и 2855 см^{-1} характерны для спектров донных отложений малых озер Владимирской области и зарастающего залива Иваньковского водохранилища. Скорее всего, высокая интенсивность поглощения в данной части спектра характеризует поступление аллохтонного органического вещества в водоем с площади водосбора. Общий вид инфракрасного спектра четырех гранулометрических фракций однотипен и демонстрирует большое сходство. На трех спектрах крупных гранулометрических фракции имеется очень слабой интенсивности поглощение при 3400 см^{-1} , что обусловлено небольшим количеством глинистых минералов. Интенсивность поглощения в этой области для образца пылевато-илистой фракции в 2-3 раза превосходит интенсивность поглощения для остальных фракций, что свидетельствует о большом вкладе глинистых минералов каолиновой группы. Наиболее интенсивная полоса поглощения расположена в области 1034 см^{-1} и соответствует валентным колебаниям Si-O. Если интенсивность этой полосы соответствует значениям 850-900 для крупных фракций; то для пылевато-илистой фракции это значение возрастает в два раза, что связано с высоким содержанием кремнезема диатомовых водорослей. Характерный дублет 790-800 см^{-1} Si-O кристобалита, аморфной кремнекислоты, каолинита имеет практически одинаковые интенсивности для всех исследованных фракций. Третий характерный пик на инфракрасном спектре всех четырех фракций донных осадков лежит в области 462 см^{-1} также характерен для деформационных колебаний групп Si-O-Me^{VI}, Si-O-Me^{IV, VI}-OH, Si-O минералов. На спектре пылевато-илистой фракции интенсивность данного пика в два раза превосходит интенсивность на спектрах других гранулометрических фракций. Сравнение инфракрасных спектров взвеси и донных осадков выявляет сходный набор полос поглощения, однако интенсивность пиков на спектре донных осадков в 4 раза ниже. Высокая интенсивность линий Si-O на спектре образцов взвеси обусловлена содержанием большого числа диатомовых водорослей, имеющих кремниевый состав. Все исследованные образцы характеризуются присутствием полос поглощения органических компонентов (СН-, NH, С=О групп) различной степени интенсивности. Таким образом, изучение инфракрасных спектров достаточно подробно характеризует вещественный состав взвеси, донных осадков и их гранулометрических фракций и позволяет выявить сходство и различие в минералогическом составе и составе органического вещества.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-05-00542.

Список литературы:

1. Орлов Д.С., Осюнова Н.Н. Инфракрасные спектры почв и почвенных компонентов. М.: Изд-во МГУ, 1988. 90с.
2. Farmer V. C., Palmieri F. The characterization of soil minerals by infrared spectroscopy // Soil components. Inorganic components. Berlin-Heidelberg-New York, Springer Verlag. 1975. V.2 P.573-670.

К ГЕОХИМИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ АПОГРАНИТОИДНОГО ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НИЖНЕГО ЯРУСА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯХТОН

Жураев М.Н.

j.mexroj@yandex.ru, Ташкентский Государственный Технический Университет,
Ташкент, Узбекистан

Месторождение Яхтон расположено в приводораздельной части хребта Чахыл-Калян, в пределах одноименного мегаблока, являющегося западным фрагментом Зарафшано-Алайской структурно-формационной зоны.

Образование вольфрамового оруденения выявленного в нижнем ярусе месторождения происходило в следующей хронологической последовательности: мелкозернистые слабо порфиroidные пироксен-амфибол-биотитовые и биотит-амфиболовые кварцевые диориты и кварцевые сиенито-диориты; мелко-среднезернистые порфиroidные биотит-амфиболовые (мезократовые) гранодиориты (главная интрузивная фаза); мелко –и среднезернистые порфиroidные амфибол-биотитовые (лейкократовые) гранодиориты; жильные породы первого этапа: граниты, аплит-граниты, аплиты, пегматиты; жильные породы второго этапа: диоритовые порфириды; гранодиорит-порфиры; гранит-порфиры [1].

Петрохимические особенности выделенного комплекса заключаются в следующем: в пониженной кислотности главных типов пород; умеренной железистости (обычно не выше 60 %); натри-калиевом подтипе - щелочности в большинстве массивов.

Нижняя возрастная граница комплекса фиксируется средне – верхнекаменноугольными отложениями маргузорской свиты, верхняя – дайками микрошонкинитов и вогезитов пермо-триасового алмалысайского комплекса. Радиологические данные – 268-309 млн. лет (определения по биотиту и амфиболу, К-Аг метод, ВСЕГЕИ). Учитывая, что в некоторых массивах заметны следы смятия (участие в складчатости), не затронувшего позднекаменноугольные интрузивы Зарафшано-Туркестанского сегмента, возраст яхтонского комплекса принимается как соответствующий началу верхнего карбона [2].

Комплекс является наиболее поздним магматическим таксоном района, прорывая все палеозойские его подразделения. Данные по измерению абсолютного возраста в Южном Гиссаре характеризуют интервал времени 223-245 млн. лет, что не противоречит представлению о средне-, верхнетриасовом возрасте, геологически обоснованном на территории Таджикистана.

Вольфрамородные тела нижнего яруса месторождения Яхтон размещаются в зонах поликомпонентных метасоматитов, сформированных по гранодиоритам.

В пределах рудоносных зон шеелитовая минерализация сопровождается широко проявленной пирит-арсенопиритовой минеральной ассоциацией; приуроченной к узким линейным зонам сульфосольной минеральной ассоциацией (с сочетанием в ней сурьмяно-серебряных и свинцово-сурьмяных сульфоселей); рассеянной молибденитовой и локально проявленной свинцово-цинковой минеральными ассоциациями. Важной особенностью рудоносных зон является наличие в них тонких прожилков коричневатого-черного смолоподобного углистого вещества (типа антраксолита), выполняющих микротрещины и межзерновое пространство и, по-видимому, фиксирующих в околородном пространстве привнос ювенильного углерода [3].

Для всей зоны нижнего яруса характерны сверхфоновые содержания W, Au, Bi, Mo, Ag, Sb, As, Se, Te, Ba (привнесенные в околородное пространство на предрудной стадии); близфоновые – Pb, Sn, Cu, Zn, Cd, Mn, U, V и нижефоновые – Li, Be, Zr, Nb, V, Co, Ni, Ti и суммы PЗЭ.

Рудно-минерализованная зона, содержащая промышленные вольфрамородные тела (с КК W > 50), характеризуется существенным привносом W, Bi, Ag, Sb, As, Cu; умеренным привносом Mo, Pb, Se, Te, Mn, Co; нейтральным поведением Sn, Zn, Be, Zr, Cd, Ni, Mn, U, V, Cr и выносом Li, Ba, Nb, V.

Для вольфрамового оруденения нижнего яруса месторождения Яхтон обобщенный ряд относительной интенсивности имеет вид $Bi-Te-W-Au-Sb-As-Ag-Se-Mo-Sn-Cu-Be-U-Cd-Cr-B-Va-Co-Mn$.

Дополнительно были рассчитаны мультипликативные коэффициенты, фиксирующие пространственное положение золотопродуктивных и сульфосольных минеральных ассоциаций.

$Au \times Bi$ – геохимический индикатор золотопродуктивных минеральных ассоциаций, значения которого $0,5-5 \cdot 10^4$ фиксируют субфоновые области окорудного пространства; $1,4 \cdot 10^5-6,7 \cdot 10^6$ – локальные поля перераспределения; $1,2-6,8 \cdot 10^7$ – зоны минерализации с повышенными содержаниями золота (0,1-4,0 г/т).

$Ag \times Sb \times Pb$ - геохимический индикатор сульфосольных минеральных ассоциаций, диапазон значений которого $2,2 \cdot 10^6-1,4 \cdot 10^8$ имеет повышенную частоту встречаемости в зонах минерализованных метасоматитов с разнообразными сульфосолями; $2-6,2 \cdot 10^5$ – в зонах с рассеянной сульфосольной минерализацией; $2-9 \cdot 10^2-1,1-2,5 \cdot 10^4$ – в практически не минерализованных метасоматитах с реликтовыми структурами материнских гранодиоритов.

Анализ корреляционных связей между элементами позволил выявить следующие закономерности:

- отсутствие корреляционных связей Mo с рудогенными элементами доказывает рассеянный характер ранней молибденовой минерализации в зоне рудоносных метасоматитов;

- различные ассоциативные цепочки с центральным положением в них Sb подтверждают наличие в минерализованных зонах двух типов сульфосолей – сурьмяно-серебряной с медью и сурьмяно-свинцовой с мышьяком и теллуром, являющихся индикаторами заключительных стадий минералообразования;

- различное положение в корреляционных графах W и Au подтверждает их автономность при формировании рудного пространства и возможность выявления обособленных редкометаллических и золотопродуктивных рудных тел.

ВЫВОДЫ

- Интегральный метасоматоз нижнего яруса месторождения Яхтон носит кремнещелочную направленность с привнесом в окорудное пространство Ca, Si, Mg, Fe .

- Корреляционные связи основных рудогенных элементов отражают полистадийность рудного процесса в нижнем ярусе месторождения Яхтон и дополнительно подчеркивают телескопированность минеральных ассоциаций в окорудном пространстве вольфрамоносных минерализованных зон.

- Полигенность и полихронность рудных концентраций нижнего яруса месторождения Яхтон вероятно является залогом масштабности данного объекта.

Литература

1. Даутов А. Минералого-геохимические критерии условий формирования и потенциальной рудоносности Кошрабадского и Яхтонского интрузивов (Зап. Узбекистан). Автореф. дис... к.г.-м.наук. Ташкент, 1974.

2. Раскин В.Е., Жураев М.Н. Особенности локализации скарново-шеелитового оруденения Каратюбе-Чакылкалянских гор. / “Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении” Республиканская научно-практическая конференция. (Сборник). Ташкент 2017. С. 273-276.

3. Жураев М.Н., Тураев Т.Н. Новые типы вольфрамового оруденения Каратюбе-Чакылкалянского рудного района. / “Горный вестник Узбекистана”. Наваий 2017. № 3. С. 63-67.

ЖИЛЫ ПРОСТЫХ ПЕГМАТИТОВ И АПЛИТОВИДНЫХ ПОРОД (МУРЗИНСКО-АДУЙСКИЙ ГРАНИТНЫЙ МАССИВ, СРЕДНИЙ УРАЛ)

Залесская Т.А., Утенков В.А.

tanz021095@gmail.com, vutenk@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Кроме известных полей редкометалльных пегматитов, тяготеющих к западной и восточной границе массива, есть и другие, весьма своеобразные, жильные образования. К своду массива приурочены серии маломощные (десятки см), но протяжённые параллельные жилы простых (по В. Мурхаузу) пегматитов субмеридионального простирания, а к юго-восточному контакту – жилы пород, традиционно называемые аплитами.

Граниты, с которыми связаны жильные образования, разделяются на Ватихский (западный) и Мурзинский (восточный) тип. Все граниты содержат биотит, плагиоклаз (от андезина до альбита), а также кварц и калиевый (К-Na) полевой шпат. Ватихские граниты содержат более высокое количество калиевого полевого шпата, и имеют примеси магнетита. Среди Мурзинских гранитов выделяются адамеллиты, которые по Г.Б. Ферштатеру являются поздней фазой внедрения. В обоих типах гранитов наблюдаются элементы монцитонитовых структур. Присутствие фтора в расплаве обеспечивает появление дополнительной фазы кристаллизации – поздних кварца и калиевого полевого шпата (КПШ) в Ватихских гранитах и повторно кварца вместе с плагиоклазом (до КПШ) в Мурзинских гранитах.

Жилы простых пегматитов в карьере «Плитняк», заложенном в гранитах Ватихского комплекса, выполняют систему крутых трещин субмеридионального простирания. Состав жил более лейкократовый, чем материнских гранитов. Содержание кварца (Кв) – 30-35%, плагиоклаза ($Ап_{27} - Ап_{16} - Ап_0$) – 15-20%, калиево-натриевого полевого шпата (К-Na ПШ) – 40-50%, биотита – менее 1%. Присутствуют обильные мирмекиты и близкие к ним по составу агрегаты внутри таблиц плагиоклаза – 5-10%.

Кристаллизация жил идёт последовательно. Ранние кварц и наиболее основной плагиоклаз ($Ап_{27}$) образуют крупные зёрна (1-3 мм) и создают фон для всех последующих минералов. Далее в отдельных участках происходит раскисление плагиоклаза до $Ап_{16}$, к которому в форме мелких округлых включений присоединяется кварц. Затем появляется обильный К-Na ПШ, узнаваемый по характерной тонкой структуре распада. Он чрезвычайно агрессивен по отношению к раннему $Ап_{27}$, но равновесен с плагиоклазом $Ап_{16}$ (но не $Ап_0$), что служит признаком высокой температуры. При инконгруэнтном образовании К-Na ПШ поглощается ранний кварц и частично плагиоклаз $Ап_{16}$, часто сохраняющийся в реликтах вместе с круглыми включениями кварца. После К-Na ПШ появляется новая фаза кварца – характерные округлые зёрна, всегда расположенные внутри щелочного полевого шпата. Но встречаются участки, где новому кварцу сопутствует появление «чистого» (без пертитов) КПШ. Каймы альбита и мирмекиты представляют постмагматическую фазу кристаллизации.

Природа многофазной магматической кристаллизации с образованием контрастных симплектитов разного состава может быть объяснена появлением дополнительной фторидно-солевой жидкости без Si, сопряжённой с остаточным силикатным расплавом. Отделение такой жидкости доказано в экспериментах Е.Н. Граменицкого с соавторами [1] и др. Первые симплектиты (Кв + $Ап_{16}$) связаны с ранним отделением жидкости (флюида) состава $К_3AlF_6$, а вторые симплектиты (Кв + КПШ) – с более поздним отделением флюида состава Na_3AlF_6 . Фторидно-солевая жидкость химически агрессивна и гидрофильна. Сопряжённый силикатный расплав осушается и адиабатически разогревается и проникает вслед за флюидом в ранние минералы, где охлаждается и даёт симплектиты. Сразу после образования симплектитов, уже при полном исчезновении силикатного расплава, происходят метасоматические изменения. Удалённые во флюид Ca, Al при раскислении плагиоклаза, а также Si, удалённый во время роста К-Na ПШ, возвращаются в форме мирмекитов.

Главный вывод из последовательности минералообразования в простых пегматитах состоит в росте «сухости» и температуры на магматической стадии.

Жилы так называемых аплитов в Режевском карьере и на редкометальном месторождении «Квартальное» принято считать метасоматическими. Это серии крутых маломощных (до 1-2 м) жил, рассекающих краевую (восточную) зону массива, где преобладают уже не столько граниты, сколько адамеллиты. Жилы сопровождаются обильными метасоматическими изменениями, которые накладываются как на «аплиты», так и на вмещающие гранитоиды. С этими изменениями связана рудная Ta-Nb-Y минерализация. Раннюю ассоциацию жил «аплитов» представляет тонко- и равномернозернистый агрегат кварца, альбита и неяснорешётчатого микроклина в примерно равном соотношении. В малом количестве присутствуют мелкие округлые зёрна граната и пластинки мусковита. Иногда вместо граната присутствует гематит. Состав и структура тонкозернистой породы соответствует гранитной эвтектике при большом давлении воды (1000 МПа). Гранат имеет состав спессартина: $(\text{Ca}_{0,13}\text{Mn}_{2,14}\text{Fe}_{0,72}^{2+})_{2,99}(\text{Al}_{1,90}\text{Fe}_{0,11}^{3+})_{2,01}(\text{Si}_{2,99}\text{Al}_{0,01})_{3,00}\text{O}_{12}$ [2].

Аплитоподобные крутые жилы, вскрытые в полотне Режевского карьера, выше не прослеживаются. Они заполняют трещинами отдельности, проникающие вглубь массива до завершения кристаллизации, и поэтому отличаются от простых пегматитов механизмом образования. Вместо дегазации флюид и остаточный плёночный расплав мобилизуются в трещинах, не выходящих на поверхность. Близкий к эвтектике состав ($\text{Kv} + \text{An}_0 + \text{КПШ}$) является причиной смещения состава вмещающих пород в сторону адамеллитов. Судя по предыдущим исследованиям [2], мобилизации и отделению части силикатного расплава способствует раннее накопление фтора с выносом алюминия в форме K_3AlF_6 . В результате сопряжённый силикатный расплав обогащается кремнезёмом. После завершения кристаллизации аплитовидные жилы подвергаются мощному метасоматозу (мусковит, кварц, альбит). Метасоматические изменения распространяются и на гранитоид, где сначала в кислотной реакции биотит замещается мусковитом. Алюминий, вынесенный с фтором, возвращается в породу вместе с образованием мусковита по биотиту. Затем КПШ замещается альбитом, кварцем и мусковитом, а по трещинам выделяется поздний флюорит.

Подобные аплитовидные породы известны в кристаллических комплексах древних щитов, где широко проявлены процессы гранитизации (Алданский, Балтийский, Украинский щиты). Для них используется название «лептит».

В частности, на Украинском щите (Вольнь) такие тонкозернистые лептиты имеют практически тот же состав, что и рассматриваемых пород Урала. Гранат из этих пород также содержит большое количество марганца [3].

На юге Кольского полуострова похожие породы с принятым название «лептит» отделяют крупную синклиналиную структуру с амфиболитовым комплексом пород от смежных антиклинорных структур с интенсивной плагιοгранитизацией.

На Алданском щите подобные мелкозернистые породы нередко принимали за своеобразную литологическую разновидность кристаллических сланцев и даже отводили им роль маркирующего горизонта, называя ортогнейсами. На самом деле в них всегда видны магматические, даже реликтовые порфиroidные структуры. Но при этом видно, что такие породы внедрились после этапа ранних плагιοмигматитов, в самом конце метасоматической гранитизации. При этом благодаря горячей «раме» они становятся более крупнозернистыми.

Литература

1. Граменицкий Е.Н., Щёкина Т.И. Фазовые отношения в ликвидусной части гранитной системы с фтором // Геохимия. 1993, № 6. С. 821–839.
2. Костина Е.Д., Магазина Л.О., Утенков В.А. Структуры и минеральные изменения гранитов Мурзинского комплекса (Средний Урал, Режевской карьер) // XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». М.: МГРИ-РГГРУ. 2017, Т. 1. С. 146–147.
3. Левковская Н.Ю., Орс В.И. Марганцовистые гранаты в породах Украинского щита // Конституция и свойства минералов. 1967, вып. 2. С. 131–138.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОРОД

Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н.

nnzinchuk@rambler.ru, Западно-Якутский научный центр АН РС (Я), г. Мирный, Россия

При изучении кимберлитов главное внимание обычно уделяется реликтовым структурам и текстурам исходной породы, по которым построены практически все классификации кимберлитовых пород. Незаслуженно малая роль отводится исследованию цементирующей массы, которая представлена: а) субмикроскопическим серпентином; б) пелитоморфным карбонатом; в) стекловатым веществом. Многие считают, что и серпентин цемента представляет собой апостекло, хотя в свежем виде они не описывалось и не обнаружено также в обломочном материале кимберлитов. В природных условиях обычно имеем дело с силикатным стеклом. Одни считают, что основой их являются кристаллиты (т.е. участки с упорядоченной структурой), другие – что стекло состоит из непрерывной беспорядочной сети. Последняя теория удовлетворительно объясняет многие свойства стекол: а) существует ближняя и отсутствует дальняя упорядоченность; б) превалирует один из мотивов ближнего порядка, обладающий определенным составом. В условиях образования самих стекол соединения между кристаллами осуществляются между атомами одинаково. Дело только в разных размерах кристаллов (микролитов) и кристаллитов. Более мелкие частицы имеют размер элементарных ячеек и отдельных полиэдров SiO_4^{4-} и AlO_4^{5-} . В природных стеклах, приуроченных к основным и ультраосновным породам, содержится мало магнезии, что связано с химическими свойствами магния и влиянием его на ход кристаллизации магмы. Оксид магния является своего рода затравкой, возникающей по мере охлаждения расплава (т.е. его пересыщения), ее появление обуславливается сближением в первую очередь кислорода с магнием, что вызвано свойствами атомов последнего. Выделение MgO делает расплав более богатым остальными породообразующими компонентами – щелочами, известью и кремнеземом, из которых в зависимости от *PT*-условий могут кристаллизоваться монтчеллит, пироксен или образоваться стекло, химический состав которого не будет отвечать исходной ультраосновной магме. Благодаря изменчивости валентности железа вносится определенная дестабилизация в процесс упорядоченности ионов и образования кристаллического вещества. При избытке в остаточном расплаве железа стекло может возникнуть и при сравнительно небольшом содержании кремнезема. Образующиеся стекла обладают более низкой твердостью, заметной растворимостью в кислотах и более низкой температурой плавления, чем стекло, богатое кремнеземом. В процессе кристаллизационной дифференциации любой магмы, которая содержит определенное количество воды (независимо от того, каким образом она в нее попала), в конечной стадии консолидации появляются многоводные, преимущественно аморфные образования, которые описаны под различными названиями: палагонит, гизингерит, хлорофенит и другие, которые именуют коллоидными минералами. Они возникли как в процессе эволюции расплава на глубине, так и при излиянии его на дневную поверхность, особенно в водные бассейны, на ледяную поверхность или внедрения в лобные образования. Наиболее характерны подобные образования для основных пород. Палагонит – совокупность богатых водой аморфных или слабокристаллизованных образований, которые возникли при охлаждении богатого водой расплава и в период формирования магматического тела ведут себя как флюидонасыщенная жидкость. Палагонит ассоциирует со стеклом, а в слабокристаллизованных породах занимает место последнего. В стекле он находится в виде включений округлой формы с резкими границами. К палагониту иногда бывают приурочены рудные минералы и апатит. Глобулы палагонита в стекле бывают: а) однородные изотропные или слабо анизотропные; б) концентрически зональные. Палагонит нередко имеет вид сморщенного при усыхании гелеобразного вещества с системой трещин, которые разбивают его на полигональные участки. Палагонит и гизингерит являются аморфными минералами и представляют собой затвердевший силикатный гель, возникший вследствие сближения и взаимодействия между собой кристаллитов. К постмагматическим

преобразованиям кимберлитов относятся изменения, которые претерпели магматические породы в пневматолитово-гидротермальную стадию метаморфизма. Верхней температурной границей считается 600°C, т.е. температура, при которой от магматического расплава отщепляется флюид, а ниже можно условно считать температуру кипения воды, хотя некоторые минералы возникают и при более низких температурах. В этом интервале температур возникли все основные вторичные образования и в первую очередь главный минерал кимберлитов – серпентин. Наряду с автотематоморфическими процессами, которые протекают в обстановке близкой к изохимической, в кимберлитовых телах довольно широко распространен метасоматоз (автометасоматоз). К последним следует отнести хлоритизацию слюд и полевых шпатов ксенолитов, которая сопровождается выносом щелочей и кальция. При бруситизации оливина происходит удаление кремнезема. Оталькование серпентина предусматривает привнос SiO₂, а окварцевание серпентина – вынос всех остальных компонентов. К метасоматическим также относится замещение серпентином карбонатов и, наоборот, замещение карбонатов силикатами. Главным реагентом в этих процессах является вода; важнейшую роль играет степень ее диссоциации на H⁺ и OH⁻, т.е. pH раствора, который в значительной мере определяется количеством в нем сильных оснований (Na, K, Ca и др.). При этом в зависимости от конкретных условий имеет место «перекрытие» температур образования высокотемпературных минералов. Поскольку остаточный расплав магнезией не обогащается, образование серпентина происходит в основном за счет оливина. Кроме того, определенное ее количество замещается также в карбонатах (в частности, в ксенолитах доломита). Следовательно, прежде чем возникает серпентин, должен разрушиться оливин – как наименее устойчивый из силикатов и наиболее распространенный. Серпентин из псевдоморфоз, цементирующей массы и выделения серпофита обязаны коллоидному первоначальному образованию с последующим преобразованием в гель и его кристаллизацией (возможно даже не полной). Об этом свидетельствуют трещины синерезиса, которые разбивают затвердевший гель на полигональные фигуры. В низкотемпературных серпофитах эти трещины сохранились, а у псевдоморфоз вместо них появились агрегаты из параллельно-чешуйчатых индивидов, образующих секториальногаснущую структуру. Последняя обычно возникает в процессе быстрого роста множества кристаллов с четырех сторон. Рост заканчивается в центре или на определенном расстоянии от него. Это стало возможным потому, что напряжение было снято не полностью, поскольку порода в целом находилась под давлением. Часто петельчатая структура имеет элементы секториальной. Слепые прожилки в срезе дают в шлифе ленты, объединенные в каркаспетельчатые картины. Агрегаты субмикроскопических индивидов псевдоморфоз чаще перекристаллизованы, чем выделения серпофита, количество которого в кимберлитовых телах сверху увеличивается. Причиной тому является уменьшение общего (статического) давления пород в верхних горизонтах кимберлитовых труб.

Таким образом, сформировавшийся в процессе кристаллизационной дифференциации остаточный расплав-раствор базитов и ультрабазитов не обогащен, как считают некоторые исследователи, магнезией, а сложен преимущественно железом и кремнеземом и развитие по нему серпентина возможно как по любому другому силикату, независимо от состава последнего. Образование палагонита нельзя объяснить только гидратацией вулканического стекла, пусть даже сильно железистого, так как в подобных случаях обычно (даже в процессе выветривания) происходит гидролиз и возникает кристаллическая фаза, представленная смектитом (монтмориллонитом, железистым сапонитом или нонтронитом). Поэтому появление аморфной (в том числе и рентгеноаморфной) фазы может быть связано с процессом быстрого выпадения геля из раствора с последующим его высыханием. При этом наиболее подходящими компонентами служат состав и форма замещения палагонита, так же как и близкого к нему гизингерита. А последний встречен не только (и не столько) в базальтах, но и в габбро, и даже в метаморфических образованиях. Возникновение аморфных веществ, основу которых составляют кристаллиты слоистых силикатов возможно при низком давлении.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ СЕВЕРНОЙ КРАЕВОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Зинчук Н.Н.

nnzinchuk@rambler.ru, Западно-Якутский научный центр АН РС (Я), г. Мирный, Россия

Сибирская алмазоносная провинция проведенными комплексными исследованиями разделена по алмазам на четыре субпровинции, одна из которых Лено-Анабарская (ЛААС), занимающая северо-восточную краевую часть Сибирской платформы (СП), характеризуется преобладанием камней Ш типа первоисточника, в основном невыясненного генезиса (ассоциация эбеляхского типа) с превалированием кристаллов кубического и тетрагексаэдрического габитусов, полукруглых октаэдроидов, сложно деформированных двойников и сростков додекаэдроидов, а также типичных округлых алмазов во всех возрастно-генетических типах отложений. Масштабы проявления россыпной алмазоносности здесь являются намного большими, чем в других районах провинции. В благоприятных для россыпеобразования регионе, каким является Анабарский (Эбеляхский) район, где выделяются две площади (Нижнеэбеляхская и Майат-Уджинская), отмечено резкое отличие по соотношению алмазов из Ш типа первоисточника и по качеству алмазного сырья. Россыпи с алмазами I типа первоисточника (кимберлитового генезиса) на большей части исследуемой территории отмечены лишь в Кютюнгинском и Молодо-Далдынском полях. Своеобразие типоморфных особенностей алмазов установлено для нижнекаменноугольных отложений Кютюнгинского прогиба, среди которых около 90% представлено кристаллами кимберлитового генезиса (тип I) и около 10% - типичными округлыми алмазами при полном отсутствии характерных для других россыпей северо-востока СП кристаллов Ш типа первоисточника. Кимберлитовый тип первоисточника алмазов для данных отложений характеризуется преобладанием кристаллов октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусом при заметном содержании ромбододекаэдров с блоковой скульптурой I разновидности, а также алмазов с оболочкой IУ разновидности. В пределах остальной части ЛААС насчитываются тысячи пунктов с находками алмазов, группирующихся в более десятка россыпных полей четырех алмазоносных районов (Анабарский, Среднеоленинский, Нижнеоленинский и Муну-Тюнгский). Общим для этих районов является низкое (10-15%) суммарное содержание кристаллов октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитуса при переменных значениях типичных округлых кристаллов I разновидности, серых ромбододекаэдров и близких к ним сложных двойников додекаэдроидов У и УП разновидностей, а также желто-оранжевых кубоидов П разновидности и поликристаллов типа карбонадо с лонсейлитом (якутит) ХI разновидности. Их различное соотношение образует несколько минералогических ассоциаций (эбеляхская, куонапская, укукитская и др.). Для алмазов Нижнеэбеляхского поля характерно резкое преобладание сильно дефектных графитизированных низкокачественных камней над типичными округлыми индивидами при постоянном присутствии желто-оранжевых кубоидов и поликристаллов якутита (до 5 %), а также преобладание целых индивидов, максимальный (до 30%) механический износ и высокая (до 30 мг) средняя масса кристаллов. Среди алмазов Майат-Уджинского поля превалируют типичные округлые камни над октаэдрами и поликристаллическими агрегатами, высокая степень сохранности алмазов и повышенная средняя масса, а также низкий механический износ, следствием чего является более высокое качество алмазного сырья по сравнению с Нижнеэбеляхским полем. Спектр алмазов из россыпей ЛААС однообразен и близок к кристаллам из окаймляющих с востока и севера Анабарскую антеклизу вторичных коллекторов поздне триасового и ранневожжского возрастов. Для них характерно низкое содержание алмазов из кимберлитового типа первоисточника, составляющих не более 10-15 % общего количества кристаллов, при несколько различающихся в отдельных районах соотношениях типичных округлых камней уральского (бразильского) типа, ромбододекаэдров У разновидности, деформированных двойников и сростков додекаэдроидов УШ разновидности с облегченным изотопным составом углерода, желто-оранжевых кубоидов П разновидности с промежуточным

изотопным составом углерода, отсутствующих в известных коренных месторождениях провинции, а также присутствие в ряде регионов (Анабарский, Среднеоленинский и Нижнеоленинский районы) поликристаллов алмаза типа карбонадо с примесью лонсдейлита из импактного типа первоисточника. Общим для них является повышенный механический износ, увеличивающийся от краевых частей Анабарской антеклизы в сторону Анабарского кристаллического массива, что совпадает с направлением трансгрессии при формировании данной структуры в истории развития СП. Алмазы из разновозрастных вторичных коллекторов раннемелового и неоген-раннечетвертичного возраста карстового генезиса в пределах Анабарского (Эбеляхского) района практически не отличаются от кристаллов из современных отложений данного региона. Крупность алмазов из россыпей современного возраста северо-востока СП заметно убывает в направлении от областей поднятий к краевым частям Анабарской антеклизы, что следует рассматривать в тесной связи с историей геологического развития данного региона, вызвавшего неоднократные перемины и переотложения алмазов во вторичных коллекторах различного возраста и генезиса на пути от коренных источников к местам их современного захоронения. Алмазы из известных кимберлитовых тел северо-востока СП (Верхнемоторчунское, Куойское, Чумурдахское, Лучаканское, Омонос-Укукитское и Куранахское поля) по типоморфным особенностям резко отличаются от спектра кристаллов из россыпей данного региона, а их присутствие в значительном количестве в аллювии обнаруживается в редких случаях на расстоянии первых километров от трубки, при её современном размыве водотоками. Результаты исследования алмазов из отложений раннепермского и раннемелового возраста в пределах Анабарского (Эбеляхского) района, сравнение их с кристаллами из современных отложений бассейна р.Эбелях свидетельствуют о присутствии одних и тех же разновидностей камней в примерно одинаковых соотношениях, а доля алмазов Ш типа первоисточника невыясненного генезиса составляет 40-55% общего количества кристаллов. Присутствие в континентальных отложениях значительного количества алмазов с механическим износом «истирания» прибрежно-морского генезиса, отсутствующих в открытых кимберлитовых диатремах региона, позволяет предполагать их сложную экзогенную историю в россыпях, неоднократные перемины и переотложение их более древних (докембрийских) коллекторов.

Таким образом, приведенные примеры свидетельствуют об эффективности разbroковки отдельных участков по типам первоисточников алмазов, а также качеству алмазного сырья, об уверенном прогнозе новых коренных источников по присутствию в россыпях кристаллов кимберлитового генезиса, об оценке уровня потенциальной алмазоносности еще не открытых коренных источников по находкам алмазов в россыпях, а также выделении участков с повышенным качеством алмазного сырья. В целом «спектр» алмазов из россыпей ЛААС сравнительно однообразен и близок к кристаллам из окаймляющих с востока и севера Анабарскую антеклизу вторичных коллекторов позднеtriasового и ранневожского возрастов. Алмазы из разновозрастных вторичных коллекторов раннемелового и неоген-раннечетвертичного возрастов карстового генезиса в пределах Анабарского (Эбеляхского) района практически не отличаются от кристаллов из современных отложений данного региона. Среди современных россыпей выделяются россыпи ближнего и дальнего сноса различного генезиса. В ЛААС основная часть четвертичных россыпей тяготеет к антеклизам и приурочена к более мелким положительным тектоническим структурам. Приведенные сведения по минералогической характеристике алмазов из разновозрастных вторичных коллекторов северо-востока СП еще раз доказывают, что это крупнейший район россыпной алмазоносности, на отдельных территориях которого возможно выделить типоморфные особенности и типы первоисточников. Предложенные принципы и схемы районирования следует совершенствовать с целью выработки классификации, которая будет опираться на глубинное строение, позволяя выделяемые районы увязать с кимберлитовыми полями и минерагеническими (структурно-тектоническими) зонами. Более конкретное ранжирование кимберлитовых диатрем и связанных с ними россыпей по минерагеническим зонам и блокам земной коры позволит обосновать между полями и районами более четкие границы.

БАРИТОВЫЕ КОНКРЕЦИИ ИЗ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЙОНА СЕЛА ПАРТИЗАНСКОЕ, ГОРНЫЙ КРЫМ

Иванова Ю.А., Филимонов С.В.

Yuliaivanova5666@mail.ru, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

В геологическом строении Горного Крыма участвуют преимущественно осадочные горные породы разнообразны по составу, широкого возрастного диапазона (Т-Q). Благодаря расположенным в юго-западной части Горного Крыма базам учебных геологических практик МГУ, РГГРУ, СПбГУ, эти породы литологически и палеонтологически хорошо изучены (Геологическое, 1989; Никитин и др., 2006 и др.). Однако, содержащиеся в осадочных толщах Крыма минеральные конкреции сидерита, барита, фосфорита и других минералов, изучены недостаточно (Тищенко, 2015).

Объектом исследования стали баритовые конкреции из нижнемеловых отложений района села Партизанское. Этот район посещается студентами 1 курса геологического факультета МГУ на учебной практике по Общей геологии. Нами отобраны около 30 образцов конкреций, вмещающих пород, описаны макро- и микроскопически и изучены с помощью рентгенофазового, электронно-микроскопического и микрозондового методов.

Село Партизанское (до 1945 г. Саблы), расположено в 15 км южнее Симферополя и в 18 км северо-восточнее базы МГУ на Внутренней гряде Крымских гор. На юго-западной окраине села, на горе Чабанка (Красная горка) можно наблюдать выходы осадочных пород, представленными известняками (K_{1v-h} и K_{1b}), песчаниками и гравелитами (K_{1a1}), а также глинами (K_{1a}). По результатам рентгенофазового анализа глины имеют гидрослюдисто-смектитовый состав с примесью кальцита и кварца, в них встречаются двустворки, белемниты, а также различные конкреции, из которых наиболее распространены баритовые.

Баритовые конкреции Красной горки серого цвета, шаровидной, реже уплощенно-овальной формы до 5 см в диаметре, плотные, тяжелые. Они имеют зональное строение: внутренняя часть – тонкозернистый (0,05-0,1 мм) баритовый агрегат, к краям конкреции размер зерен постепенно укрупняется (до 0,1-0,2 мм), внешняя кайма представлена расщепленными пластинчатыми кристаллами (1,5 мм), направленными от центра к периферии. Поверхность конкреций шероховатая, более темная, чем внутренняя часть. Химический состав барита устойчив в объеме конкреций – постоянна изоморфная примесь Sr (0,37-0,84 масс.% SrO), часто отмечается Pb (до 0,55 масс.% PbO), Mg (до 0,11 масс.% MgO). Ca, Mn, Fe, Zn в составе не обнаружены. Формулы в расчете на 2 атома: центр конкреции – $(Ba_{1,082}Sr_{0,013}Mg_{0,007}Pb_{0,005})_{1,106}S_{0,894}O_4$, кайма – $(Ba_{1,074}Sr_{0,020}Pb_{0,005})_{1,100}S_{0,900}O_4$.

В состав конкреций входит глинистое вещество (5-10% объема с увеличением концентрации к периферии), единичные зерна (10-70 мкм) аутигенных кальцита (с 0,65 масс.% MgO), каолинита, гидрослюда (близкой к иллиту) и альбита. Кайма расщепленных кристаллов барита наиболее чистая от механических примесей.

Всего в 1,5 км северо-восточнее Красной горки (северное окончание с. Партизанское) располагается карьер Партизанского месторождения кирпичных глин. Глины имеют близкий гидрослюдисто-смектитовый состав и аналогичный глинам Красной горки возраст - K_{1a} , отличаясь более светлой окраской и наличием растительного детрита. Глины в карьере также содержат баритовые конкреции, но они более разнообразны по форме и составу:

1. Плотные серые стяжения удлиненной «досковидной» формы (до 20x5x5 см) с неровными краями, сложенные в разных пропорциях мелко-среднезернистым агрегатом кальцита и барита иногда с заметной (до 30%) долей глинистого вещества. Барит содержит 0,20-0,27 масс.% SrO, до 0,73 масс.% PbO, до 0,34 масс.% CaO. Для кальцита характерны примеси 1,46-1,88 масс.% FeO, до 0,41 масс.% MgO и до 0,21 масс.% MnO.

2. Параллельно-шестоватые агрегаты барита слагают протяженные (20 см и более) прожилки светло-серого цвета мощностью до 3 см. Данные агрегаты относятся к параллельно-шестоватым агрегатам третьего типа по Жабину (1979). Они наиболее чисты от

механической примеси других минералов. В составе этого барита до 1 масс.% SrO, до 0,63 масс.% PbO и до 0,12 масс.% MgO.

3. Баритовые «розы» представляют собой конкреции размером 2-5 см крупных (до 1 см) пластинчатых кристаллов барита бело-серого цвета. Пластинки барита ориентированы от центра к краям конкреции, пространство между пластинками заполнено глиной, являющейся связующим цементом. Образцы таких конкреций очень хрупкие. Для этого барита характерна примесь PbO до 0,5 масс.%.

4. Псевдоморфозы барита по ископаемой древесине представлены агрегатами крупных (до 2 см) пластинчатых кристаллов барита в углефицированных древесных остатках. Образцы сохраняют структуру дерева. Характерной примесью в составе барита является Pb (до 0,58 масс.% PbO). В этих же образцах обнаружен пирит и марказит. Пирит содержит до 0,21 масс.% Co и представлен фрамбоидами – сферическими образованиями размером 10-20 мкм, состоящими из ещё более мелких кристалликов микронного размера. Образование фрамбонидов происходит за счет раскристаллизации коллоидальных масс вещества в ходе диагенетического преобразования осадка и часто связано с жизнедеятельностью микроорганизмов. Марказит слагает характерные по форме пластинчатые кристаллы размером до нескольких миллиметров в длину, для него характерны примеси Co до 0,23 масс.% и As до 3,04 масс.%.

Накопление глин происходило в относительно глубоководном морском бассейне с нарушенным и меняющимся газовым режимом, о чем косвенно свидетельствуют различный состав конкреций (баритовые, гипсовые и др.), мелкие окаменелые остатки белемнитов (однообразные по видовому составу) и почти полное отсутствие представителей бентосной фауны (Никитин и др., 2006). Однако данная область моря находилась не далеко от берега, т.к. в глинах присутствуют остатки древесины.

Образование конкреций происходило на стадии диагенеза в ещё неуплотненном рыхлом осадке за счет перераспределения и концентрации рассеянного в глинах вещества. Процессы зарождения и роста кристаллов барита Красной горки шли быстрыми темпами, поэтому конкреции сложены очень мелкими хаотично расположенными кристаллами. Шарообразная форма баритовых конкреций Красной горки, отсутствие в них резкой зональности по структуре и химическому составу свидетельствует о равномерном поступлении вещества и их росте в очень разуплотненном осадке.

На Партизанском месторождении баритовые конкреции имеют иную форму и состав. Формирование барит-кальцитовых стяжений вероятно происходило из растворов иного состава, что отразилось в составе конкреций. Удлиненная форма этих конкреций может свидетельствовать о неравномерном поступлении вещества, например при разной литологии осадка. Рост параллельно-шестоватых агрегатов происходил при стесненной кристаллизации в трещинах: растущие кристаллы барита раздвигали стенки трещины в обе стороны, оставляя в центре срединную просечку, хорошо видную в образцах. Замещение древесных остатков баритом и пиритом широко известны (в том числе в Крыму) (Тищенко, 2015). Вероятно, благодаря восстановительной обстановке они служили хорошей затравкой и средой для кристаллизации этих минералов.

Результаты исследований можно использовать при проведении геологических маршрутов в районе села Партизанское. Наиболее интересным вопросом для дальнейших исследований является возможный источник Ba для образования баритовых конкреций в осадочных толщах Крыма.

Список литературы

1. Геологическое строение Качинского подъятия Горного Крыма. Стратиграфия мезозоя (ред. Мазарович О.А., Милеев В.С.). М.: изд-во МГУ, 1989. 168 с.
2. Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Агрегаты. М.: Наука, 1979 с.
3. Никитин М.Ю., Седаева К.М., Майорова Т.П. Путеводитель по первой Крымской учебно-геологической практике. Сыктывкар: Изд. Сыктывкарского ун-та, 2006. 154 с.
4. Тищенко А.И. Минералы Крыма. Симферополь: Бизнес-Информ, 2015. 304 с.

ДАЙКА СПЕССАРТИТА В БАЗАЛЬТОИДАХ И ПРОДУКТЫ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ (ИРВЫНЕЙСКИЙ РАЙОН, КОРЯКИЯ)

Карманов Е.Н. (Научный руководитель к.г.-м.н. Утенков В.А.)

max.mineral88@gmail.com МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Дайка спессартитов была обнаружена в ходе полевых работ, организованных ГИН РАН (2016 г.). В работах предшественников тела спессартитов не были описаны, в том числе в фундаментальной работе [2]. Данная находка расширяет наши знания о строении региона [3].

Дайка приурочена к контакту базальтоидов и алевролитов. Видимая мощность дайки 100 м. Контакт с алевролитами не вскрыт. Вдоль контакта спессартитов с базальтоидами обе породы подвержены интенсивным изменениям, направленность которых различна.

Базальтоид имеет неполнокристаллическую, афиртовую структуру. Представлен измененным стеклом нередко с фельзитовым строением и мелкими вкрапленниками плагиоклаза, превращенного в альбит. Стекло обильно насыщено точечными включениями рудного минерала, за счет которого образуются поздние пятна гематитизации. Стекло обладает повышенным рельефом и, возможно, относится к лейцит-тефритовому типу. Отличительная особенность вулканита заключается в обильных тонких прожилках адуляра, имеющего неравномерное угасание, простое двойникование и малый угол оптических осей ($2V = -20^\circ - 30^\circ$). В наиболее поздних секущих прожилках к нему присоединяется кварц. Иногда внутри стекла появляются поздние септхлорит и прожилки кальцита.

Спессартит изменен гораздо сильнее, чем базальтоид. В первичной структуре различаются зёрна и скопления зёрен роговой обманки, каждое из которых достигает размера 1-2 мм. Промежутки между ними заполнены сростаниями более мелкого изометричного плагиоклаза. Оба минерала очень сильно изменены. Роговая обманка сильно разбита трещинами, ровные края сохраняются редко. Она имеет светло-зеленую окраску с синеватым оттенком, оптически отрицательна ($2V = -80^\circ$), $c:N_g = 24^\circ$.

Плагиоклаз в спессартите изменён сильнее, чем роговая обманка. Иногда таблицы плагиоклаза целиком замещены альбитом с параллельными полосками серицита. В том случае, когда альбитизация не полная, возникает зональность. Более основная середина зёрен – альбит-олигоклаз (An_{10}), а чистый альбит образует тонкую кайму зёрен. Вероятно, исходный плагиоклаз был близок к андезин-лабрадору. При его изменениях часть алюминия переходит в серицит или в эпидот. Последний образует локальные гнёзда или полоски между таблицами плагиоклаза. Характерно, что рядом со скоплениями эпидота встречаются гнезда, прожилки зернистого кварца. Параллельно с кварцем часто появляются зерна апатита.

Прожилки часто представляют самостоятельную форму изменений внутри спессартита. Их осевую зону образует кварц (иногда с актинолитом), а краевую – эпидот. Внутри кварцевых обособлений встречаются зёрна пирита. Отдельные сквозные прожилки выполнены пренитом. Самые поздние прожилки сложены кальцитом. Иногда кальцит служит продолжением прожилков кварца, в которых кальцит развивается по кварцу.

В целом наблюдается геохимическое различие вторичных изменений в базальтоидах и спессартитах при явно одном источнике подвижной (флюидной) фазы. Начало изменений в базальтоидах отчетливо щелочное (адуляр), а в спессартитах – кислотное. Причина такого различия на начальной стадии может заключаться в разном составе субстрата (базальтоида и спессартита). Из-за этого состав флюида изменяется по принципу кислотно-основного взаимодействия [1], когда повышенное содержание оснований в субстрате повышает активность подвижных щелочей. Аналогичные явления сопутствуют гранитизации основных пород Алданского щита. Там при взаимодействии с диопсидовыми сланцами резко возрастает общая щелочность потока. Растворимость оснований уменьшается, они выпадают в твердую фазу (диопсид в калишпатовых ортогекситтах), а растворимость кремнезема увеличивается и он переходит во флюид [4].

Контраст поздних изменений на границе базальтоидов и спессартитов также может быть вызван разницей в исходном субстрате. В отличие от Алдана изменения происходят при более низкой температуре. Но общая начальная кремнекислотно-щелочная направленность этих изменений очевидна. Прожилковая адуляризация базальтоидов означает повышение активности более сильной щёлочи – калия, а альбитизация спессартитов – усиление активности менее сильной щёлочи – натрия. В обоих случаях щелочные изменения сменяются кислотными (септехлорит в базальтоидах и кварц в спессартитах). Конечный общий режим изменений вновь щелочной (кальцит по силикатным минералам).

На рис. 1 и 2 показаны изменения базальтоидов и спессартитов. В базальтоиде на тёмном фоне стекла видны прожилковидные сегрегации адуляра, а в спессартите вокруг крупного актинолитизированного амфибола видны мелкие таблицы раскисленного плагиоклаза и межзерновой поздний кварц.

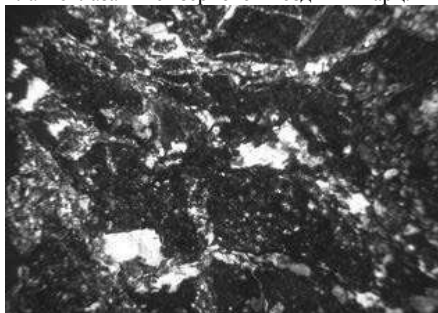


Рис. 1. Прожилки адуляра в базальтоиде. Об. 4^х. С анализатором.

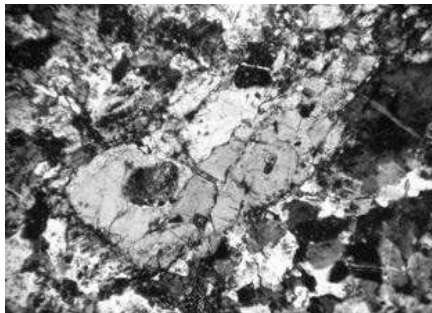
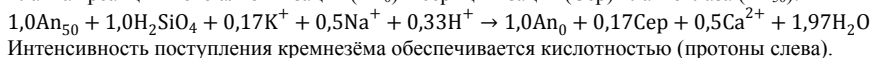


Рис. 2. Спессартит с крупным амфиболом и мелким плагиоклазом. Об.10^х. С анализатором.

Последовательность изменений в спессартитах заслуживает отдельного рассмотрения. Главная реакция – это альбитизация (An₀) и серицитизация (Сер) плагиоклаза (An₅₀):



Интенсивность поступления кремнезёма обеспечивается кислотностью (протоны слева).

Вынос кальция сменяется его осаждением в форме эпидота вдоль многочисленных кварцевых прожилков, образуя сопряжённые параллельные полосы. Каждая из них сложена сплошным агрегатом одного из этих минералов. Появление обильного кварца означает максимум кислотности и разложение кремниевых кислот. Более поздние (наложенные) прожилки сначала заполняются пренитом, а затем – кальцитом, что соответствует смене кислотных условий щелочными, как и в базальтоидах.

Работы выполнены при финансировании гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-132.2017.5.

Литература

1. Коржинский Д.С. Кислотность-щёлочность как главнейший фактор магматических и постмагматических процессов // Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1960. С. 21–30.
2. Марков М.С., Некрасов Е.Е., Паладжян С.А. Офиолиты и меланократовый фундамент Коряжского нагорья // Очерки тектоники Коряжского нагорья. М.: Наука, 1982, с. 30-70.
3. Моисеев А.В. Структура и история тектонического развития Усть-Бельского сегмента Западно-Коряжской складчатой системы (СВ России, Корякия). Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. М.: 2015. 30 с.
4. Петрова З.И., Пожарицкая Л.К., Андронов В.В., Роненсон Б.М., Утенков В.А. Ультраморфизм и образование гранитов в основных кристаллических сланцах Алдана // Проблемы петрологии и геохимии гранитоидов. Свердловск, 1971. С. 148–158.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КОРЕННЫХ ПОРОД В РАЙОНЕ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА ТУРЧИК (ЗАЛИВ НИКОЛАЯ, ОХОТСКОЕ МОРЕ)

Костина Е.Д. (Научный руководитель к.г.-м.н. Утенков В.А.)
Lisakostina.job@gmail.com МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

В докладе приводятся результаты первых полевых работ по программе многоцелевого геохимического картирования (1:200000) в районе россыпей месторождения золота Турчик.

Стратиграфическую основу района представляют юрско-меловые вулканогенно-терригенные породы, сложнодислоцированные и прорванные породами тоналит-трондьемит-гранодиоритового комплекса. Кроме того, в районе имеются остатки дацитовых покровов того же возраста. До настоящего времени остается неясным источник россыпного золота. Петрографическое изучение магматических и вмещающих пород имеет цель установить или наметить их связь с золотым оруденением.

Гранодиориты – весьма распространенные породы на данной территории. Известно, что с гранодиоритами часто ассоциируется золотое оруденение. Имеющиеся в нашем распоряжении геологические карты дают информацию о штокообразных телах гранодиоритов с мощным ороговикованием вмещающих пород. Низкотемпературные гидротермальные изменения в гранодиоритах и в зоне ороговикования отсутствуют. В шлифах гранодиориты представляют крупнокристаллические породы со стадийной кристаллизацией. Первыми из расплава выделяются апатит и обильный магнетит. За ними – роговая обманка, потом – биотит. К цветным минералам присоединяется наиболее основной плагиоклаз, на постмагматической стадии обильно серицитизированный. Далее вместе с кварцем (до 10-15%) выделяется зональный плагиоклаз крупного размера (1-2 мм). Плагиоклаз – андезин (Al_2) имеет теневую зональность. Серицит в нём отсутствует. Позднемагматический калиевый полевой шпат содержится в малом количестве (<1%) и имеет периты распада. В породе, кроме серицита по наиболее основному плагиоклазу, нет постмагматических изменений. Это позволяет считать, что кристаллизация гранодиорита проходила при высокой температуре и дегазации, чему соответствует форма их тел (штоки).

Дациты в отличие от гранодиоритов сильно изменены поздними процессами. В породе сохраняются вкрапленники кварца, альбитизированного и серицитизированного плагиоклаза, актинолитизированной роговой обманки и биотита, превращённого в псевдоморфозы хлорита. Основная масса содержит микролиты плагиоклаза и стекло, превращённое в фельзитовый агрегат. Сохраняется мелкий аксессуарный магнетит, иногда замещённый гематитом. В породе имеется множество мелких пустот, заполненных хлоритом и эпидотом. Несмотря на обильные изменения, в дацитах не обнаружено вторичного пирита.

Вмещающие породы (песчаники) часто несут признаки низкотемпературного преобразования без видимой связи с гранодиоритами. В песчаниках сохраняется мелкий обломочный кварц, а цемент начело серицитизирован. Имеется и вторичный кварц в форме прожилков вместе с сегрегациями адуляра.

В ряде образцов песчаника, кроме обломков кварца, кислого плагиоклаза, присутствуют обломки калиево-натриевого полевого шпата с пертитами распада – минералов, характерных для «сухих» гранитов. Такие граниты, как и гранодиориты, образуют штоки (или дайки). В песчаниках этого типа глинистый цемент также полностью замещён серицитовым агрегатом. Отличительная особенность этих пород состоит в присутствии обильного мелкого пирита.

Помимо изменённых песчаников, в ходе полевых работ, были взяты образцы, где обломочный материал сцементированы продуктами разложения кремниевых кислот. Их представляют халцедон, опал и кварц. Кроме того, присутствует гематит в трещинах и пустотах, а также образующий псевдоморфозы по рудному минералу (возможно, пириту). Есть также сегрегации (гнёзда) пластинчатой гидрослюда с более низким двупреломлением, чем у мусковита.

Процессы изменения рассмотренных пород принципиально различны. Так дациты изменены автометасоматически без признаков внешнего воздействия и при сохранении общей структуры. Что касается гранодиоритов и вмещающих песчаников, их изменения принципиально различны, но, тем не менее, могут быть связаны друг с другом.

Можно обратить внимание, например, на процесс деанортитизации плагиоклаза, при которой в конечном андезине (Ap_{46}) сохраняется теневая зональность (рис. 1), насчитывающая до 15-20 реликтовых концентрических зон. Это означает, что исходный плагиоклаз начинал кристаллизацию как Ap_{70-75} , а при достижении конечного Ap_{46} произошло выравнивание его состава. В расплав, а затем во флюид перешла часть Al и Ca, а также воды. Интенсивная деанортитизация плагиоклаза происходит в условиях высокой температуры и химического способа растворения воды в расплаве [2]. Низкая водонасыщенность, вероятно, вызвана потерей воды из-за формы внедрения гранита (шток).

Можно предположить, что с этим процессом связаны пространственно отдалённые низкотемпературные изменения вмещающих пород. Характерна обильная серицитизация песчаников с образованием кварц-адуляровых прожилков (рис. 2). Температура этого равновесия составляет около $200^{\circ}C$. Кроме них, встречаются сегрегации каолинита. В некоторых шлифах обнаруживаются продукты затвердевания существенно кремнекислотных растворов с пластинками гидромусковита и мелкими пустотами.

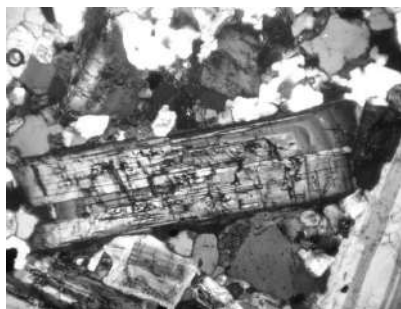


Рис. 1. Структура гранодиорита с теневой зональностью плагиоклаза. Об. 10^{\times} . С анализатором.

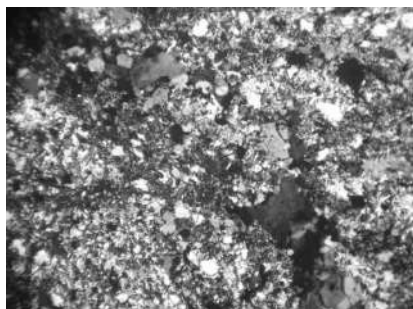


Рис. 2. Кварц-серицитовый метасоматит по песчанику и прожилки адуляра (тёмный) с кварцем. Об. 10^{\times} . С анализатором

Из кремнекислотных растворов образуются самые поздние низкотемпературные жилы. Краевой кварц переходит ближе к центру в халцедон, а затем в опал с пустотами. Халцедон сложен параллельными волокнами, вдоль которых ориентирована ось N_p . Опал около пустот узнаётся по низкому рельефу, отсутствию двупреломления и гранных форм мелких зёрен. По краям пустот внутри опала отлагается гематит. Кроме того, гематит рассеян в кварце и халцедоне в форме изометричных псевдоморфоз, скорее всего, по пириту.

Судя по характеру изменений вмещающих пород, они относятся к условиям аргиллизации. Очевидна также кислотность этого процесса, которая обеспечивается присутствием серы (пирит). По А.Б. Кольцову [1] золото переносится в форме комплексов $AuHS^0$ и $Au(HS)^{-2}$, которые разрушаются при повышении щелочности, на что указывают сопутствующие образования гематита.

Литература

1. Кольцов. А.Б. Условия накопления и разделения золота и серебра на низкотемпературных гидротермальных месторождениях // Динамические и физико-химические модели магматогенных процессов. Новосибирск: Наука, 1983. С. 49–57.
2. Персиков Э.С. Вязкость магматических расплавов. М.: Наука, 1984. 160 с

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИЗУЧЕНИЯ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО ПАЛЕОРИФТА ВЕТРЕНЬЙ ПОЯС

¹Куликова В.В., ¹Куликов В.С., ²Бычкова Я.В.

¹vkulikova@yandex.ru, ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

²yanab66@yandex.ru, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Палеопротерозойский палеорифт Ветреный Пояс, представленный коматиитовой вулcano-плутонической ассоциацией мафит-ультрамафитов, производных плюма «Виндибелт», располагается на ЮВ Фенноскандии и характеризуется вулканической, плутонической (интрузивы и силлы) и дайковой фашиями.

Плутонический комплекс. Бураковский расслоенный плутон и дифференцированный массив Выжига являются представителями глубинного мантийного магматизма. *Первый*, крупнейший в Европе находится в центре Водлозерского блока и рассматривается авторами как аттрактор [Куликова и др., 2013]. Он имеет площадь около 630 км² при мощности до 6 км, в структурном отношении и разделяется на 2 блока – Аганозерский и Бураковско-Шалозерский [Лавров и др., 2006], но представляет собой единый магматический массив с единой краевой и 5 стратиформными зонами (снизу вверх): 1) ультрабазитовая, 2) переходная, 3) габброноритовая, 4) габбро, 5) магнетитовых габбро-диоритов. Гранитные жилы развиты преимущественно вблизи краевой зоны. Средневзвешенный состав плутона близок коматиитовому базальту Ветреного Пояса. Изотопный U-Pb возраст по циркону составляет 2449 Ma [Amelin et al., 1995]. Металлогенический потенциал определяется крупными хромитовыми залежами и малосульфидным типом оруденения платиноидов, Au, Ni и ванадиевых магнетитовых руд [Лавров и др., 2006].

Дифференцированный интрузив Выжига (Монастырский) площадью около 20 км² расположен между Бураковским плутоном и палеорифтом Ветреный Пояс. В разрезе ~до 500 м выделены зоны (снизу вверх): метапироксенитовая (хлорит-тремолитовые обычно рассланцованные породы) – до 5 м; перидотитовая с редкими маломощными прослоями «оливиновых хромитов» и горизонтом вебстеритов – до 200 м; пироксенитовая – до 100 м; габброноритовая – более 20 м; лейкогаббровая (диоритовая) – около 150 м. В интрузиве Выжига авторами впервые выделено две группы: хромшпинелидов: породообразующие (I) и акцессорные (II). Первые сопоставимы с хромшпинелидами из «главного хромитового горизонта» (ГХГ) Бураковско-Аганозерского массива.

Субвулканический комплекс состоит из десятков силлов и нескольких лополитов мафит-ультрамафитов, залегающих в осадочных породах виленгской, кожозерской и, реже, киричской свит палеопротерозоя. Наиболее представительным на СЗ оконечности палеорифтовой структуры является лополит Руйга (мощностью до 800 м), в центре ее – Муройгора, Каттегора, Роиньгора, Хозега, Колозеро, а на ЮВ – Ундозеро. В строении массива Руйга – типичного представителя малоглубинной фашии, обнажающегося на площади около 20 км², выделено три зоны общей мощностью до 810 м (снизу вверх): меланогабброноритовая, перидотитовая и габбровая. Авторами впервые получен изотопный Sm-Nd возраст интрузива по оливинам, пироксенам, плагиоклазам и валовой пробе – 2.39 ± 0.05 Ga [Куликов и др., 2008]. Он удовлетворительно коррелируется с возрастом коматиитовых базальтов свиты Ветреный Пояс. Различного размера силлы встречены на участках рек Нюхча, Кожа, Чусрека, Икса. В интрузивах, часть из которых представляют собой подвулканные камеры, нередко отмечается дифференциация. В нижних горизонтах развиты ультраосновные породы, а в верхних – габброиды.

По мнению авторов, необходима ревизия геологического строения так называемой архейской Маткалахтинской структуры [Кожевников и др., 2010], на наш взгляд, сателлита Бураковского плутона, а также изотопное датирование некоторых интрузивов (Вожминский, Лебяжинский (Кумбусинский), Светлоозерский) Каменноозерской мезоархейской структуры, на предмет возможного отнесения их к палеопротерозойскому возрасту на основании вещественного состава и структурного контроля.

Дайковый комплекс. Два главных типа даек сумийской LIP [Kulikov et al., 2010] развиты в пределах Водлозерского блока: Авдеевский габброноритовый и Винельский перидотитовый. Первый тип включает дайки Авдеевскую, Шальскую и другие безымянные, которые обычно имеют СВ простирание, мощность до 60 м и длину в несколько км. Главные первичные минералы представлены авгитом, бронзитом, пижонитом, плагиоклазом, сульфидами, калиевым полевым шпатом, кварцем и бадделитом. По химическому составу породы сходны с магнезиальными андезибазальтами двух первых (нижних) лавовых покровов из разреза г. Голец. Изотопный возраст бадделита из даек составляет 2504 Ma [Kulikov et al., 2010 и все ссылки там]. Ко второму типу даек отнесены Винельская и Копполозерская длиной до 40 км и мощностью до 500 м. Sm-Nd возраст винельских ультрамафитов 2430 ± 174 Ma (Puchtel et al., 1997).

Возникновение вулкано-плутонической мафит-ультрамафитовой ассоциации коматитовой петрохимической серии отнесено ко времени ~ 2.5 Ga (палеопротерой) под воздействием плюма Виндибелт в сводовом поднятии при формировании рифтовой системы. В ней намечается 3 этапа (импульса магмопроявления): ранний – авдеевский, средний – бураковский и поздний – Ветреный Пояс. Магматизм в интервале 2.5-2.4 Ga проявился на площади не менее 75 000 км² и объем магматического расплава даже без учета андерплейтингового проявления составил более 50 000 км³, что характерно и для других субпровинций (Лапландской и Кольской) сумийской крупной магматической провинции Фенноскандии. Материнской магмой для рассматриваемой субпровинции является «ветренитовая» (коматитовые базальты [Куликов и др., 2005; 2008 и др.]), образовавшаяся в подошве земной коры в результате контаминации коматитовых расплавов плюма Виндибелт коровым материалом Ветреный Пояс – мировой петротип коматитовых базальтов имеет широкое развитие в палеопротерозое в Фенноскандии, Гренландии, Канаде и др. регионах, но однако остается слабо проработанным на предмет перспектив рудогенеза.

Литературв

- Кожевников В.Н., Скублов С.Г. Детритные цирконы из архейских кварцитов Маткалахтинского зеленокаменного пояса. Карельский кратон: гидротермальные изменения, минеральные включения, изотопные возрасты // ДАН, 2010, т.430, № 5. С.681 – 685.
- Куликов В.С., Бычкова Я.В., Куликова В.В., Коптев-Дворников Е.В., Зудин А.И. Роль глубинной дифференциации в формировании палеопротерозойского лавового плато коматитовых базальтов Синегорья (ЮВ Фенноскандии) //Петрология, 2005, № 5. С. 516-537.
- Куликов В.С., Бычкова Я.В., Куликова В.В., Костицын Ю.А., Покровский О.С., Васильев М.В. Интрузив Руйга как типовой представитель малоглубинной фации палеопротерозойской перидотит-габбро-коматит-базальтовой ассоциации Ветреного Пояса, юго-восточная Фенноскандия // Петрология 2008, Т. 16, №6. С. 571 – 592.
- Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В. Плутоны и масштабные массивы мафит-ультрамафитов как странные аттракторы в эволюции региональных мантийных плюмов //Тектоника, глубинное строение и минерагения востока Азии. VIII Косыгинские чтения: Матер. всероссийской конференции 17–20 сентября 2013. Хабаровск. с.280 – 284.
- Лавров М.М., Трофимов Н.Н., Голубев А.И. Геохимия и минералогия Бураковского расслоенного интрузива // Отечественная геология 2006, Т.1. С.3-12.
- Amelin Y.V., Heaman L.M., Semenov V.S. 1995. U–Pb geochronology of layered mafic intrusions in the eastern Baltic Shield: implications for the timing and duration of Paleoproterozoic continental rifting// Precambrian Res.1995, 75. P. 31–46.
- Kulikov V.S., Bychkova Ya.V., Kulikova V.V., Ernst R. The Vetryny Poyas (Windy Belt) subprovince of southeastern Fennoscandia: An essential component of the ca. 2.5–2.4 Ga Sumian large igneous provinces// Precambrian Research 2010, 183. P.589–601.
- Puchtel I.S., Haase K.M., Hofmann A.W., Chauvel C., Kulikov V.S., Garbe-Schonberg C.-D., Nemchin A.A. Petrology and geochemistry of crustally contaminated komatiitic basalts from the Vetryny Belt, southeastern Baltic Shield: evidence for an early Proterozoic mantle plume beneath rifted Archean continental lithosphere// Geochim. Cosmochim. Acta 1997, 61. P. 1205–1222.

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ АССОЦИАЦИЙ С САМОРОДНЫМИ И ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ В БОБРУЙСКОМ ВЫСТУПЕ ФУНДАМЕНТА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Левицкий В.И., Павлова Л.А., Левицкий И.В.

levit@igc.irk.ru, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

В Бобруйском погребенном выступе фундамента Восточно-Европейской платформы (республика Беларусь) открыт большой круг минералов (порядка 100 редких, около 50 – новых). Среди них муассанит, синанит, осборнит, самородные (Cu, Fe, Pb, Sn, Zn, Al, W, Mo, Zr, Ag, Nb) и интерметаллические (Cu, Pb, Sn, Zn, Fe, Cr, Co, Ni, V, Mn, Al, W, Mo, Zr, Ag, Ti, Sc, Hf, S, B, N, C, O, Cl, H, F, Se) соединения. Они обнаружены в однотипных (по составу и морфологическим типам) выделениях как в неизмененных палеопротерозойских породах кристаллического фундамента, габбро-долеритовой и риодацит-риолитовой формации, дайка основных и кислых пород, так и развитых по ним метасоматитах.

В породах габбро-долеритовой и риодацит-риолитовой формации широко проявлены признаки неравновесной кристаллизации основных и кислых магм, что отражается в вариациях структурно-текстурных и вещественных характеристиках пород. К тому же минералы магматических и метасоматических комплексов имеют существенные вариации содержаний в них петрогенных и редких элементов, неоднородности составов с разнообразием форм выделений в пределах почти каждого зерна. В породах присутствует большое количество редких и новых минеральных видов с крайне необычными рядами изоморфизма. Закономерным является совместное нахождение в одном зерне минералов присущих ультра-,высо-, низкобарическим, ультра-, высоко-, низкотемпературным образованиям, типоморфных как для коровых, так и мантийных и метеоритных ассоциаций.

Для пород габбро-долеритовой формации характерна дифференциация от ультрамафитовых оливиновых долеритов до лейкократовых кварцсодержащих габбро. Плагноклаз относится к лабрадорам-битовнитам, с повышенными содержаниями K_2O (до 0,44%), FeO (до 0,8%). Пироксены представлены ромбическими и моноклинными разновидями. Бронзит характерен для наиболее основных магматических пород, ассоциирует с оливином, диопсид-авгитом и шпинелидами; феррогиперстен и ферросилит присутствуют совместно с моноклинными пироксенами в габбро и долеритах. Для ромбических пироксенов характерны повышенные содержания (%): Al_2O_3 (до 6,31), TiO_2 (до 0,36), MnO (до 0,9), CaO (до 1,86), Na_2O (2,5), K_2O (до 0,7). Одна группа моноклинных пироксенов представлена диопсидом, салитом, ферросалитом, геденбергитом, обогащенных (%): TiO_2 (до 0,8), Al_2O_3 (до 2,3), Na_2O (до 0,5), Cr_2O_3 (до 0,11), Ni (до 0,05); вторая – разностями, насыщенными глиноземом, близких к ферроавгитам (Al_2O_3 – 8-14%; Na_2O – 1-3%; K_2O – до 1,8%; Cr_2O_3 – до 0,3%). Оливин близок к фаялиту. Количество магнетита, ильменита, титаномагнетита в породах может достигать 15% и тогда они являются породообразующими минералами. Магнетит имеет как низкие содержания Si, Al, Ti, Cr, V, Zr, так и повышенные – встречаются хром-, и титаномагнетиты, алюмомагнетиты, магнетиты с высокими концентрациями Si. Для ильменита характерно обогащение ZrO_2 . Алланит содержит варьирующие концентрации REE (Σ 9-50%). Акцессорные фазы в основных породах – муассанит, графит, титанит, рутил, апатит, циркон, шпинель, магнетит, ильменит, титаномагнетит, бадделеит, а в кислых кроме них – Се-алланит, шпинель, турмалин, касситерит, торит, ксенотим.

Темноцветные минералы в породах риодацит-риолитовой формации представлены: биотитом [коэффициент железистости (f) = 38-98; TiO_2 – до 3,4%; Al_2O_3 – 12,0-15,9%; Cr_2O_3 – до 0,36%; Cl – до 0,15%] и амфиболами ферроэденит-гастигситового ряда [f- 36-80; TiO_2 – 0-2,36%; Al_2O_3 – 7,7-14,7%; K_2O – 0,4-1,74%; Cl – до 0,72%]. Калиевый полевой шпат – ортоклаз, санидин, микроклин. Отмечен магнетит близкий к стехиометрическому составу (с низкими содержаниями всех элементов), за исключением Cr_2O_3 , титаномагнетит (TiO_2 – 5-9%; MnO – до 1,38 %), алюмомагнетит (Al_2O_3 – 1,42-4,3%) и хроммагнетит (Cr_2O_3 – 19,3-

30,1%) с повышенными концентрациями SiO_2 (3,04-10,3%) и пониженными – концентрациями TiO_2 (0,3-2,1%). Среди акцессорных минералов велика доля самородных элементов, прежде всего Fe, Cu, а также железосодержащих окислов

Кристаллический фундамент сложен метаморфическими (плагиогнейсы и амфиболиты), и ультраметаморфическими (мигматиты, граниты, сиениты и граносиениты) породами. Для доминирующих в структуре сиенитов и граносиенитов характерно присутствие калиевого полевого шпата и биотита ($f = 66-75$), амфиболов с акцессорными – муассанитом, цирконом, ксенотимом, алланитом, рутилом, самородной медью и железом.

Метасоматиты в пределах Бобруйского погребенного выступа играют существенную роль. Они развиваются по породам габбро-долеритовой и риодацит-риолитовой формации, дайкам. В пространстве преобразования проявлены крайне неравномерно, иногда с полной утратой на некоторых интервалах скважин структурно-текстурных особенностей пород субстрата. Выделяются метасоматиты развитые по породам габбро-долеритовой и риодацит-риолитовой формации, фундамента. По двум последним типам развиваются амфибол-, мусковит (серцит)-, эпидот-, хлоритсодержащие метасоматиты; породам габбро-долеритовой формации – биотит-амфиболовые, калишпат-, гранат-, хлорит-, серпентинсодержащие полно-и неполнопроявленные метасоматиты. Наиболее поздняя минерализация – с карбонатами (доломитом, анкеритом, кальцитом), флюоритом, баритом.

В метасоматитах развитых по породам габбро-долеритовой формации по составу отмечается: необычайно широкий круг амфиболов (алоом-, клино-, протоамфиболы), низко- и умереннотитанистые, варьирующей железистости; умеренно- и высокожелезистые и глиноземистые биотиты; гранаты (спессартин-пироп-альмандинового, уваровит-альмандинового рядов); хлориты, среди которых намечается новый вид титанистых разновидностей; диаспор. В метасоматических породах, развитых по кислым эффузивам преобладают амфибол-, биотит-, серцит-, эпидотовые разности. Практически для всех минералов метасоматитов (амфиболы, слюды, хлориты, серпентины) характерны необычайно широкие вариации содержания SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , железа, MgO, CaO. Среди них отмечены довольно редкие минералы – ренит, курагит, дорит, минессотаит, многие другие, а также устойчиво повторяющиеся по составу в разных скважинах многочисленные неидентифицированные фазы, которые являются новыми. В метасоматитах любого субстрата распространены карбонаты: кальцит, доломит, анкерит. Наложенные (вторичные) метасоматические железорудные минералы наблюдаются как продукты замещения ранних магнетита и ильменита, так и новообразованные – маггемит, лепидокрокит. При преобразованиях пород с самородным железом всегда фиксируется последовательная резкая смена ранних фаз иоцитом, магнетитом, гематитом. При замещении минералов Fe-Cr ряда, хромфериды, ферхромиды развивается эсколаит и минерал ряда $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$.

Изучение породообразующих минералов с самородными и интерметаллическими соединениями в Бобруйском погребенном выступе фундамента указывает на существование единых причинно-следственных и генетических связей между процессами петрогенезиса (становления пород кратона, габбро-долеритовой и риодацит-риолитовой формации метасоматитов) и формированием уникальной минерализации. Их единая природа обусловлена влиянием (воздействием) потоков глубинных мантийных сверхплотных углеродно-водородных флюидов плюмовой природы. Поток функционировал продолжительный период – от времени становления сиенитов и граносиенитов фундамента, во время и после кристаллизации основных и кислых магматитов, последующего проявления в них метасоматоза. Такой восстановительный флюидный режим при неравновесной кристаллизации способствовал развитию однотипных самородных и интерметаллических фаз, а не к рассеиванию редких элементов в виде изоморфных примесей в минералах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-00351-а.

СОСТАВ И МЁССБАУЭРОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ГАВАЙСКОГО ОЛИВИНА И ХРОМШПИНЕЛИДА ИЗ ВКЛЮЧЕНИЙ В ТОЛЕИТОВЫХ БАЗАЛЬТАХ ВУЛКАНОВ МАУНА-ЛОА И КИЛАУЭА

Макеев А.Б.¹, Лютоев В.П.², Второв И.П.³, Брянчанинова Н.И.³, Макавецкас А.Р.⁴
¹ИГЕМ РАН, г. Москва, Россия, abmakeev@mail.ru; ²Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар; ³ГИН РАН г. Москва; ⁴МИСиС, г. Москва, Россия

Образцы лав толеитовых базальтов острова Гавайи (США) с крупными вкраплениями оливина (3–12 мм) были собраны в июне 2017 г. в трех местах во время пешего подъёма (И.П. и Ф.И. Второвых) от Атмосферной обсерватории на вулкане Мауна-Лоа (Mauna Loa Observatory, высота 3370 м н.у.м.) к кальдере «Моку-авеовео» на вершине вулкана Мауна-Лоа (озеро застывшей лавы в кальдере на высотах около 4020 м). Место сбора образцов (Ol-ML) находилось на северном склоне Мауна-Лоа в 3 км на С-В от северного края кальдеры, на высоте порядка 3650 м, у границы Гавайского вулканического национального парка (Hawaii Volcanoes National Park). Здесь, выше уровня 3 км растительность исчезает и остаются только голые лавовыми поля и потоки. Отдельные мелкие кристаллы оливина (Ol-K) были собраны на западном краю лавового озера образовавшегося во время извержения 1959 г. бокового кратера Килауэа-Ики в кальдере вулкана Килауэа, а также над этим кратером (в Ю-З его части Ol-D), куда выбрасывало продукты извержения. Третье место сбора (Ol-GB-1, Ol-GB-s) находилось в самой южной части острова у подножия вулкана Мауна-Лоа в районе пляжа из зелёного песка (Mahana green sand beach). Целью исследований было сравнение состава и типоморфных особенностей разноформационных оливина и хромшпинелида гавайских и альпийских ультрабазитовых полярноуральских массивов.

Состав пород и минералов определен в НИТУ МИСиС на сканирующем электронном микроскопе Quanta 650 (FEI) оснащённом системой рентгеноспектрального микроанализа EDAX Genesis. В составе оливина зафиксировано содержание FeO – 9.6–21.4; MnO – 0.12–0.52; CaO – 0.22–0.46; NiO – 0.17–0.80 мас.%. Максимальная железистость оливина отмечается в крайних частях зональных мелких зерен. Состав мелких кристаллов хромшпинелидов (октаэдров, кубооктаэдров и их сростков, размером 15–120 мкм) включений в оливине соответствует узкому интервалу составов (рисунок) от субферрихромпикотита до субферрисубаломохромита и демонстрирует окисление части железа. Такие составы оливина и хромшпинелида типоморфны для метаморфизованных лерцолитов альпийских ультрабазитов Полярного Урала (Макеев, Брянчанинова, 1999).

Спектроскопические исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН. Мёссбауэровские спектры ⁵⁷Fe записывались в режиме тонкого поглотителя на спектрометре MS-1104Em в диапазоне скоростей -4 – +4 мм/с при комнатной температуре. Препарат для съемки спектра готовился в виде истертой до состояния «пудры» 10–20 мг навески предварительно измельченной пробы. Время накопления спектров составило 10–20 час. Изомерный сдвиг определялся относительно α -Fe. При обработке спектров использовалось стандартное программное обеспечение спектрометра "Univem". Мёссбауэровские спектры образцов оливинов представляют собой несимметричный уширенный дублет со значениями изомерного сдвига (IS) = 1.143–1.148 мм/с, квадрупольного расщепления (QS) = 2.97–2.99 мм/с и шириной (Γ) низкоскоростной линии около 0.30 мм/с, типичный для октаэдрических позиций Fe²⁺ в низкожелезистом форстерите. Наименьшие значения величин IS и QS получены для образцов зерен оливина из лавы в кальдере вулкана Мауна-Лоа (Ol-ML1), а наибольшие их значения – для крупнозернистого зеленого оливинового песка верхнего края этого кратера (обр. Ol-GB-1). В спектрах присутствуют также малоинтенсивный дублет с малыми значениями изомерного сдвига и квадрупольного расщепления, относящийся к ионам Fe³⁺ в хромшпинелидах включений. Несимметричность дублета Fe²⁺ оливина объясняется примерно равномерным распределением ионов железа по двум катионным октаэдрическим позициям (M1 и M2) в кристаллической

структуре минерала с обычно небольшим преобладанием более искаженной позиции M1 с меньшим квадрупольным расщеплением. Полученные мёссбауэровские параметры M1 и M2 дублетов в такой модели распределения приведены в таблице. С учетом данных по синтетическим сериям Fo-Fa оливинов (Dyar et al., 2009), полученные значения IS и QS позиций M1 и M2 соответствуют оливинам с примерно 10–15% содержанием Fa минерала в форстерите. Вариации параметров дублетов связаны с изменениями содержания Fe^{2+} в составе оливинов.

Таблица.

Мёссбауэровские параметры дублетов Fe^{2+} в оливине

N п.п.	Код пробы	M1, мм/с			M2, мм/с			M1/M2
		IS	QS	Г	IS	QS	Г	
1	OI-ML1	1.132 ₂	2.879 ₄	0.30 ₁	1.154 ₁	3.054 ₆	0.27 ₁	1.01
2	OI-ML	1.135 ₅	2.901 ₄	0.30 ₁	1.159 ₄	3.060 ₅	0.27 ₁	1.08
3	OI-GB-1	1.136 ₅	2.892 ₄	0.27 ₁	1.158 ₄	3.082 ₅	0.26 ₁	1.01
4	OI-GB-s	1.135 ₃	2.890 ₇	0.28 ₁	1.159 ₃	3.067 ₁	0.26 ₁	1.04
5	OI-K	1.137 ₁	2.889 ₄	0.28 ₁	1.158 ₁	3.070 ₆	0.26 ₁	1.02
6	OI-D	1.129 ₅	2.916 ₄	0.30 ₁	1.164 ₃	3.045 ₄	0.28 ₁	1.02

Примечание. IS, QS, Г – изомерный сдвиг, квадрупольное расщепление и ширина линий. M1/M2 – отношение площадей дублетов в спектре.

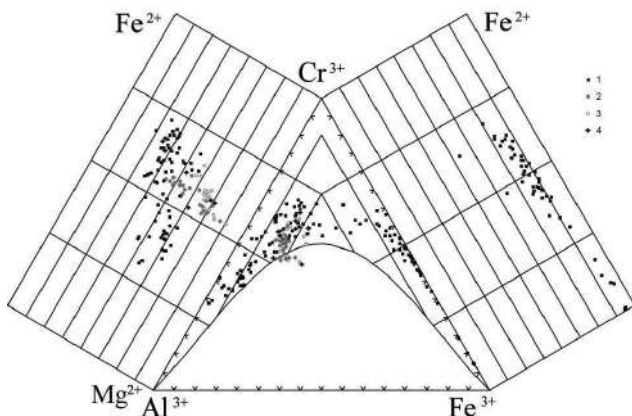


Рисунок.

Фигуративные точки состава аксессуарных хромшпинелидов. 1 – из лерцолитов массива Сьум-Кей, 2 – из оливинов с вершины вулкана Мауна-Лоа изв. 1942 г.; 3 – вулкана Килауэа изв. 1959 г.; 4 – из оливинов зеленого пляжевого песка (Mahana Green sand beach) у подножия Мауна-Лоа (изв. 49 тыс. лет назад).

Выводы. Результаты проведенных исследований показали, что состав и типоморфные особенности мантийных оливинов и хромшпинелидов полностью соответствуют таковым из метаморфизованных протогранулярных лерцолитов массива Сьум-Кей и других массивов Полярного Урала. Это означает, что современные толеитовые базальты Гавайских островов в виде ксенокристов оливинов выносят на поверхность Земли вещество лерцолитовой мантии. Оливин в процессе выдвигания абсолютно не изменяется, о чем свидетельствует отсутствие в его решетке Fe^{3+} , а в мелких включениях хромшпинелида его состав меняется от субферрихромпикотита к субферрисубальмохромиту (рисунок), с окислением части железа.

Литература

- Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И. Топоминералогия ультрабазитов Полярного Урала. СПб.: Наука. 1999. 252 с.
 Dyar M.D. Sklute E.C., Menzies O.N. et al. Spectroscopic characteristic of synthetic olivine: An integrated multi-wavelength and multi-technique approach // American Mineralogist. 2009. V. 94. P. 883–898.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ЗОЛОТА В МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЯККАБАГСКИХ ГОР (ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН)

Мирусманов М.А.

mmirusmanov@mail.ru, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

Выявление и изучение нетрадиционных типов месторождений золота, в том числе их технологических особенностей является одним из актуальных направлений исследований в геологии. Исследования в направлении технологической минералогии становятся особенно важными на стадии поисковых работ, так как, при выборе объектов для постановки оценочных работ существенное значение может приобретать возможная технология переработки руд. Это обстоятельство обусловлено, прежде всего, тем, что уменьшение запасов богатых руд в разрабатываемых месторождениях палеозоя, отсутствие легко открываемых, выходящих на поверхность месторождений и появление современных прогрессивных технологий имеет своим следствием расширение работ по поискам и освоению разнообразных месторождений со сравнительно бедными рудами, но больших по запасам и удобных для отработки.

Мезозойские отложения Южного Узбекистана, занимающие большую часть его территории, издавна интересуют геологов, где в районах развития нижнемеловых пород была установлена повышенная золотоносность.

Работами многих исследователей подтверждено наличие повышенных содержаний золота в нижнемеловых отложениях Яккабагских гор. Кроме золота в этой зоне установлены As, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Cг и др. На площади основной интерес представляет золотое оруденение, аналогов, которого в настоящее время в СНГ не имеется. По типу оно, вероятно, относится к категории объектов с низкими содержаниями, но с крупными запасами золота.

Работы по изучению золотоносности, в том числе по направлению технологической минералогии, проводились главным образом на участках Кокбулак и Хантахта. В геологическом строении рассматриваемой площади принимают участие исключительно осадочные породы, представленные образованиями триасовой, юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и антропогеновой систем. На этих участках в разрезах меловых отложений (Гаурдакская, Карабельская, Альмурадская, Кызылташская, Окузбулакская и Калигресская свиты) установлены минерализованные зоны, несущие золотое оруденение. Наиболее благоприятными для локализации золотого оруденения являются Окузбулакская, Альмурадская, Кызылташская, а также низы Калигресской свит.

В тектоническом отношении описываемая площадь Хантахта-Кокбулак представляет западное окончание Яккабагского антиклинория, крылья которой сложены осадками мезозоя и кайнозоя. С севера антиклинорий ограничивается крупным «Лянгарским надвигом», амплитуда смещения по которому около двух километров. Яккабагский антиклинорий осложнен складчатостью высших порядков, складки линейные, асимметричные. Простираение их близкое к широтному. Для складок отмечается ундуляция шарниров, обуславливающая их брахиформность.

Общий список минералов установленных на Хантахта-Кокбулакской площади по данным различных минералогических методов исследования разделены по отношению к горным породам вмещающим золотую минерализацию на 4 генетические группы: кластические, аутигенные, эпигенетические, гипергенные. Наибольший интерес для понимания минерало-геохимических особенностей золотого оруденения представляют минералы, отнесенные к группе эпигенетических.

Самородное золото при минераграфических исследованиях обнаруживается с очень большим трудом и только при больших (400^х) увеличениях микроскопа. В большинстве из изученных и описанных аншлифов обнаружены пылевидные (0,01мм) и более мелкие

золотины. Качественные и количественные исследования на микроанализаторе показали, что самородное золото на площади четко разделяется на два типа.

Первый тип - это весьма высокопробное золото с пробностью около 950 и выше, имеющий несколько неоднородную внутреннюю структуру, чаще всего комковатую форму золотин и более крупную размерность. Результаты микроанализов образцов первого типа золота показали, что внутренние части этих золотин сложены весьма высокопробным (от 950 до 995) золотом, а краевые части сложены золотом меньшей пробности (от 880 до 945).

Второй тип - это низкопробное медистое золото (электрум) установленное в эпигенетическом гипсе в аншлифах. Этот тип характеризуется интерстициальными, дендритовидными, пластинчатыми формами и меньшими размерами золотин. Микронзондовый анализ золотин показал содержание Cu от 28,15% до 29,46%, пробность золота от 595 до 620. Кроме электрума в этой ассоциации с гипсом встречаются единичные вкрапления пирита, халькопирита, аргентита и самородной меди.

Генезис молодого золотого оруденения в мезозойских отложениях Яккабагских гор можно считать стратиформным полигенным (кластогенно-аутигенно-телетермальным).

Наряду с исследованием вещественного состава оруденения проведены технологические испытания для изучения возможности извлечения золота из золотоносных нижнемеловых отложений. Они включали следующие виды работ: 2 опыта цианирования; 2 опыта гравитационного обогащения руд; 2 опыта флотационного обогащения руд.

То обстоятельство, что эти золотоносные образования являются нетрадиционными, потребовало особого подхода при подготовке проб к технологическим исследованиям.

Золото в нижнемеловых отложениях по размеру попадает исключительно в мелкие классы (I - пылевидное-тонкодисперсное менее 0,05 мм, II - очень мелкое - 0,05-0,2 мм, III - мелкое - 0,2-1 мм), однако, на разных участках происходит концентрация различных классов.

Результаты опытов по цианированию показали непригодность руд цианированию. Присутствие в рудах большого количества глинистых частиц делает породы непроницаемыми для цианистых растворов.

Результаты опытов гравитационного обогащения руд показали, что в одном случае при исходном содержании в руде 0,1 г/т Au, гравиконцентрат содержал 0,5г/т Au. Во втором случае при исходном содержании в руде 0,1 г/т Au гравиконцентрат содержал 9,17 г/т Au. Это показывает возможность обогащения золотоносных руд гравитационным способом почти на два порядка.

Флотационное обогащение руд дает недостаточно хорошие результаты. Извлечение золота в концентрат от 39,3 до 77,4%, а серебра от 63 до 68,7%.

Кроме этого был выполнен пересчет результатов минералогического анализа пробы МТП-2 на содержание в г/т. Вес исходной пробы – 11 кг, соержжание Au – от 1 до 3 г/т (по нескольким анализам). Для этого сначала определяется общий вес золотин. Таким образом, при содержании 6,75 мг золота в 11 кг породы, содержание в г/т будет равно 0,614 г/т.

Если предположить, что в исходной пробе было содержание золота 1 г/т, то в результате гравитационного обогащения было практически извлечено 61,4% золота. Хотя, этот показатель может показаться не очень высоким, тем не менее, учитывая, что гравитационная добыча золота является самым простым, безвредным и дешевым способом извлечение золота, то вопрос о возможности извлечения золота из нижнемеловых отложений может быть решен положительно.

При этом, следует отметить, что на традиционных золоторудных объектах расходы на дробление и измельчение руд, порой составляет до 70% расходов на переработку руд. В нашем случае золотоносные породы являются легко разрушаемыми, особенно при увлажнении. Это может оказать существенное влияние на экономические показатели извлечения. На наш взгляд можно предположить, что возможность дешевого измельчения золотоносных пород и возможность использования простого и дешевого гравитационного извлечения золота, позволит с неплохими экономическими показателями добывать золото из нетрадиционных бедных руд.

МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ УРАЛЬСКИХ ИЗУМРУДНЫХ КОПЕЙ

Попов М.П.¹, Николаев А.Г.²

¹porovm1@yandex.ru, Уральский государственный горный университет, Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; ²Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

Уральские Изумрудные копи (УИК) являются классическим рудным и минералогическим объектом, который изучается более 185 лет. Главной особенностью месторождений на территории УИК является крайне неравномерный характер распределения редкометальной и камнесамоцветной минерализации в рудных зонах. На территории УИК выделяются три основные минеральные ассоциации, образование которых связано со становлением позднепермских гранитных массивов, возраст которых 300-260 млн лет; с различными системами тектонических нарушений и с последовательностью в поступлении флюидов, обогащенных бериллием, танталом, литием, цезием, молибденом, фтором.

Первая кварц-мусковит-полевошпатовая минеральная ассоциация, в которой можно выделить *редкометальную (Ta-Nb-Be) и сульфидную (Mo-Bi-Te)* рудные формации. относится к пегматитовому и грейзеновому генетическому типу, которые объединяют следующие группы пород: редкометальные граниты и коры их выветривания; редкометальные апогранитные метасоматиты, включая альбитовые и калий-фтористые (альбитизированные и мусковитизированные разности гранитов). Как правило, максимальное их удаление от гранитного массива не превышает 1-1.5 км. Пегматитовые тела имеют плитообразную форму или линзовидную форму с многочисленными апофизами, пережимами и раздувами [1]. Температура образования редкометальной (Ta-Nb-Be) рудной формации соответствует 700-450°C. Большинство пегматитовых жил по классификации относится к альбит-микроклиновому типу. Классическим объектом этой формации является группа месторождений редкометальных пегматитов.

Кварц-плаггиоклазовые жилы образовались позднее пегматитов и слюдитовых комплексов. Они удалены от массива несколько дальше и также приурочены к блокам компетентных пород, где они выполняют субширотные разрывные трещины (чаще пологие) 290°-350°, угол 40°-45°, реже крутые. Все эти рудные тела находятся в тесной генетической связи с телами изумрудоносных слюдитов, но располагаются в различной геологической обстановке, они как бы секут слюдитовые жилы [5]. Образование Мо-Вителлридной формации происходило при более низких температурах 400-250° в кварц-плаггиоклазовых и кварц-мусковитовых жилах Маринского изумрудно-бериллового месторождения и Южно-Шамейского месторождения молибденита.

Вторая тальк-актинолит-флогопитовая минеральная ассоциация, в которой можно выделить *камнесамоцветную формацию (изумрудно-берилловую, александрит-хризоберилловую, фенакитовую)*. Она образует специфические слюдитовые комплексы и жилы, которые относятся к фации грейзенов по ультрабазитам Баженовского раннесилурийского комплекса. Слюдитовые комплексы и жилы на большинстве проявлений и месторождений УИК обычно группируются в зоны (свиты), прослеживаются по простиранию и падению от десятков до сотен метров [4]. Морфология и размеры слюдитовых комплексов (жил) определяются интенсивностью метасоматических процессов, мощностью тектонических разломов и зон расщепления, по которым циркулировали растворы, а также интенсивностью дробления горных пород в участках пересечений тектонических нарушений. Вторая минерализация образовалась в результате регрессивного пневматолит-гидротермального процесса при температурах от 450 до 200 градусов. Источником хрома для окраски изумрудов с УИК служили хромшпинелиды из дериватов Баженовского офиолитового комплекса. Подобные типы изумрудной минерализации описаны на известных мировых объектах достаточно детально [6,7,8]. По

содержанию основных хромоформов (Cr^{3+} , V^{3+} , Fe^{2+}) и спектрально-люминесцентным параметрам изумрудная минерализация с УИК отличается от ведущих изумрудных месторождений мира [2,3]. Фенакитовая минерализация интенсивно развита и детально описана на Мариинском и Сретенском месторождениях [9].

Третья карбонат-хлорит-серицит-эпидотовая минеральная ассоциация, в которой выделяется *золото-сульфидная формация*, образуется в вулканитах нижне-среднедевонского возраста, которые претерпели региональный метаморфизм в условиях эпидот-амфиболитовой субфации метаморфизма. Характерным представителем этой минерализации является месторождение золота Рудничное находится в экзоконтактной зоне Малышевского массива, на расстоянии 400-600 метров. Все породы неравномерно карбонатизированы (лиственитизированы) и окварцованы. Руды месторождения относятся к золото-полисульфидному типу и характеризуются присутствием разнообразных рудных минералов (магнетит, ильменит, гематит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит и теллуриды)

Выводы.

- Образование основных минеральных ассоциаций на территории Уральских Изумрудных копей, генетически связано со становлением позднепермских гранитных массивов.

- Минеральные ассоциации являются моложе гранитных массивов и имеют различия в возрасте. Они имеют разное пространственное положение относительно гранитных массивов и располагаются в различных системах тектонических нарушений.

- Образование минеральных ассоциаций связано с последовательным поступлением пневматолит-гидротермальных флюидов, обогащенных бериллием, танталом, литием, цезием, молибденом, фтором.

Литература

1. Грабежев А.И., Чистяков Н.Е. Редкометалльные кали-натровые пегматиты одного из экзоконтактных пегматитовых полей Урала.// Сб. Метасоматоз и рудообразование. УНЦ АН СССР. 1974г. С.104-124.
2. Николаев А.Г., Фахардо Бехарано Э.Л., Попов М.П. Оптическая спектроскопия и сравнительные кристаллохимические особенности изумрудов различных промышленно-генетических типов месторождений // Материалы 22 научной студенческой школы «Металлогения древних и современных океанов–2016. От минералогенеза к месторождениям». – Миасс: ИМин УрО РАН. 2016. с. 237-239.
3. Николаев А.Г., Фахардо Бехарано Э.Л., Попов М.П. Сравнительная кристаллохимия изумрудов из различных генетических типов месторождений // "Новые идеи в науках о Земле", Т. 1. М.: РГГУ, 2016. – С. 77-79.
4. Попов М.П. Геолого-минералогические особенности редкометалльной минерализации в Восточном экзоконтакте Адуйского массива в пределах Уральской изумрудоносной полосы. Из-во УГГУ, г. Екатеринбург, 2014.- 136с.
5. Попов М. П. Позднебериллиевая минерализация как источник ограниченно-коллекционного сырья (Мариинское месторождение, Уральские Изумрудные копи): Автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. – Екатеринбург, 1999. – 35 с.
6. Giuliani G., Silva L.J.H.D., Couto P. Origin of emerald deposits of Brazil. // Mineralium Deposita, 1990. Vol. 25. P. 57–64.
7. Groat L.A., Giuliani G., Marshall D.D., Turner D. Emerald deposits and occurrences: A review. // Ore Geology Reviews, 2008. Vol. 34. P. 87–112.
8. Guillerminet H. Emeralds from the Kafubu area, Zambia. // Gems and Gemology, 2005. Vol. 41. P. 116–148.
9. Popov M.P., Nikolaev A.G. (2017) Features of phenacite mineralization from the Ural emerald mines. Известия Уральского государственного горного университета, 3(47), 33-37.

СУЛЬФУРИЗАЦИЯ И ИЗОТОПНАЯ ОЦЕНКА РУДОПЕРСПЕКТИВНОСТИ

Портнов А.М.

a.m.portnov@mail.ru, МГРИ-ПИГРУ, Москва

Сульфуризация – явление, впервые описанное Чени и Ланге в 1967 году как процесс ассимиляции серы вмещающих пород магматическим расплавом [1]. Эти авторы привели ряд примеров аномально высоких содержаний тяжелого изотопа S-34 в сульфидах из зоны контактов габброидов в США, Канаде, Ю.Африке Корнуолле (Англия). Гюнтер Фор в монографии [2] из 2500 цитируемых работ использует лишь 30 советских, что отражает слабое развитие изотопных исследований в СССР. Но он особо отмечает, что наиболее контрастно и активно проявленная сульфуризация описана в 1973 году Горбачевым и Гриненко в Норильском районе России [3].

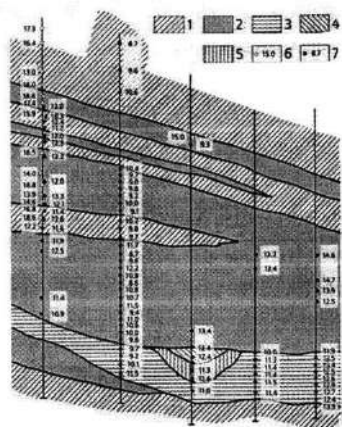


Рис. 1. Геологический разрез Октябрьского месторождения (Норильск), с указанием изотопного состава серы в окружающем осадочном ангидрите девонских отложений и в рудных телах сульфидов никеля и меди. Классический пример ассимиляции серы (сульфуризации) за счет вмещающих пород. 1 – ангидриты, доломиты, аргиллиты D1-2, 2 – габбродолериты рудоносного интрузива, 3-5 – массивные руды: 3 – пирротиновые, 4 – халькопиритовые, 5 – кубанитовые, 6-7 – изотопный состав серы (^{34}S , ‰): 6 – сульфатов, 7 – сульфидов [3].

Контрастность процесса связана с тем, что обычно сульфидные руды медно-никелевых с платиноидами месторождений в габброидных породах связаны с глубинными разломами, активизацией мантии и «базальтового слоя» земной коры. При этом изотопия серы, обозначаемая как «дельта S³⁴», резко меняется: от нулевых и низких значений (в промилле), характерных для метеоритов, мантии, габбро-базальтов, до высоких, порядка 16 – 20 ‰ в сульфатах и других оксидных соединениях.

Нами отмечен «парадокс безрудности габброидов» [4], масса которых составляет половину земной коры при высоких кларках рудных элементов (Ni, Cu, Co, Ag и др.), которые относят (по В.М.Гольдшмидту) к «халькофильным», тогда как в габброидах они представлены как «литофильные» и входят в состав темноцветных минералов, замещая Mg²⁺ и Fe²⁺. Руды в основных породах возникают лишь при постороннем привносе серы в расплав; без сероводорода, в то время как огромные массы габбро-базальтов безрудны (траппы Сибири, Индии, Африки; Исландия и другие океанические острова).

Стандартом для изотопов серы является сера минерала троилита FeS из метеоритного кратера Canyon Diablo (CD) в Аризоне (США). Стандарт CD = 0 (в промилле). К стандарту CD близка изотопия серы медно-никелевых с платиноидами сульфидных руд в габброидах. Проблема руды в них связана с дефицитом серы в мантии и «базальтовом слое» земной коры. В последние годы стало понятно, что глубинная активизация серы и сульфидные руды в габброидах часто связаны с астроблемами [5].

Геологи обратили внимание, что крупнейшие рудные районы мира (Витватерсранд, Ю.Африка; Садбери, Канада) расположены в гигантских астроблемах: Вредефорт

(Ю.Африка) – диаметр до 300 км, возраст – 1970 млн. лет; Садбери – диаметр до 200 км, возраст 1850 лет. Из этих рудных районов добывается значительная часть «сульфидного» никеля мира, много меди, больше половины мировой добычи платиноидов. Очевидно, что руды грандиозного Бушвельдского лополита объемом 500000 км³ с возрастом около 2 млрд. лет, из которых извлечено около 60 тыс. т золота (треть добытого золота Земли), также связаны с глубинными конгломератами и астроблемой Вредефорт [6]. Изотопия серы во всех этих глубинных месторождениях медно-никелевого с платиноидами типа, связанных с астроблемами, глубинными разломами и массой габбро-базальтов, близка к стандарту. Уникальной рудно-изотопной аномалией на этом фоне выглядят только месторождения Норильского района.

Трапповая формация Норильска имеет триасовый возраст. Базальты залегают на девонских осадочных породах – известняках глинах и мощных пластах ангидрита (CaSO₄). Уникальность рудного поля Норильска заключается в том, что привнос серы идет за счет влияния на базальтовый расплав осадочных пород. В статье [3] показано, что богатейшие сульфидные руды залегают среди частично ассимилированных пластов ангидрита с дельта S³⁴=+20%. Руды имеют дельта S³⁴=11-16%. Ассимиляция кальция из осадочных превратила обычный пироксен базальтов – авгит - в кальциевую разновидность – салит, типичную для скарнов Швеции, где эта разновидность и получила свое название. Сероводород осадочных толщ заставил литофильные элементы - никель, кобальт, медь, серебро проявить свои халькофильные свойства и создать в базальтовом расплаве тяжелый рудный расплав, отделившийся от силикатов. Чем активнее идет сульфуризация (ассимиляция) базальтового расплава, тем интенсивнее накапливаются руды.

В последнее время появились работы, отрицающие роль сульфуризации и упускающие проблему серы в габбро-базальтах [7]. Между тем, именно дефицит серы и в значительной мере случайный привнос серы извне, случайными процессами, привел к тому, что 70% мирового никеля добывается не из базальтов, а из ультраосновных пород мантии Земли, которые выходят на поверхность и превращаются в относительно бедные никелем гарниеритовые коры выветривания.

В России астроблемы изучены слабо, но возможные сульфидные руды в них будут иметь глубинную мантийную изотопию серы. Дефицит запасов богатых никелевых руд в Норильском районе заставляет проводить здесь площадное бурение. Промышленный интерес начинают представлять так называемые «капельные» вкрапленные бедные руды, отражающие процесс начала ликвации и формирования массивных руд. Уникальная изотопия сульфидов Норильска, близкая к характеристикам гипергенных сульфатов, позволяет по степени накопления тяжелого изотопа S³⁴ в сульфидах буровых колонок оценить близость к богатым рудным телам, перспективность отдельных скважин и в сочетании с геофизическими методами будет способствовать глубинной детальной разведке Норильского района.

Литература

1. Cheney G.E. Lange I.M. Evidence for sulfurization and the origin on some Sudbery-type ores. Mineralium Deposita. 1967; (2); 80-94.
2. Фор Г. Основы изотопной геологии. М., 1989.
3. Горбачев Н.С., Гриненко Л.Н. Изотопные отношения серы в сульфидах и сульфатах Октябрьского сульфидного месторождения, Норильский район и проблемы их генезиса. Геохимия, 1973, №3, с.1127-1136.
4. Портнов А.М. Уникальная рудно-изотопная аномалия России. Природа, 2018 №2, с.3-9.
5. Вишневицкий С.А. Астроблемы. Новосибирск, 2007.
6. Портнов А.М. Секреты золотого гиганта. Природа, 2013, с.27-32.
7. Кривоуцкая Н.А. Эволюция траппового магматизма и Pt-Cu-Ni рудообразование в Норильском районе. М., 2014.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЗОАРХЕЙСКИХ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАРЕЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Скамницкая Л.С., Светов С.А.

skamnitsa@krc.karelia.ru, ИГ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

Минералого-технологическое изучение вулканогенно-хемогенных высококремнистых осадочных пород Центральной Карелии (хемогенных силицитов и ассоциирующих с ними кислых туфов, туфопесчаников, песчаников и граувакк) проводилось на участках Койкарской и Эльмусской структур Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса [1, 2]. Алюмокремнистые породы (силициты) формируют горизонты в верхних частях вулканогенно-осадочных разрезов мощностью 100-450 м. По данным петрографического изучения и рентгенофазового анализа, анализируемые пробы пород из области распространения массивных, конкреционных и тонкослоистых разновидностей имеют мусковит-полевошпат-кварцевый состав.

Изучение составов высококремнистых пород в разрезах Койкарской и Эльмусской структур (по данным рентгено-флюоресцентного анализа) показало, что содержание петрогенных элементов (табл. 1) в силицитах имеет значительные вариации, обусловленные изменениями в минеральном составе, которые устанавливаются в областях максимального метаморфического изменения пород и в случае увеличения содержания терригенной составляющей в породах. При этом, кремнистые породы обеих структур имеют близкую петрохимическую характеристику как для массивных так и конкреционных разновидностей.

Таблица 1. Петрохимический состав пород Койкарской и Эльмусской структур

Содержание оксидов, %	Структура	
	Койкарская	Эльмуская
SiO ₂	52.79-75.21	71.14-79.59
Al ₂ O ₃	12.96-22.41	11.02-14.30
Fe ₂ O ₃	0.85-6.86	0.42-1.41
TiO ₂	0.082-0.91	0.06-0.09
CaO	0.09-4.47	0.09-6.71
MgO	2.03-10.48	0.51-13.64
Na ₂ O	0-1.91	1.47-5.20
K ₂ O	3.08-8.66	2.94-8.22

Распределение примесных элементов в силицитах характеризуется значительным обогащением пород Rb (до 400–720 ppm), Ba (900–1400 ppm), что может быть связано [3] с широким развитием метаморфического минерального парагенеза - альбит, микроклин - биотит, для которого данные элементы являются совместимыми. Высокие содержания Th (10–13 ppm), U (3–5 ppm), и ТРЗЭ могут быть следствием существенного привноса терригенной составляющей (гранат, циркон, монацит и т. д.) в бассейн хемогенного осадконакопления.

Исследования на электронном микроскопе СЭМ VEGA II LSH позволили установить, что значительная доля редкоземельной минерализации связана с мелкими, рассеянными включениями минералов: монацита, алланиита, паризита,

располагающимися в виде включений в кварце, микроклине, кальците или в тонкозернистой кварц-мусковитовой матрице (рисунок).

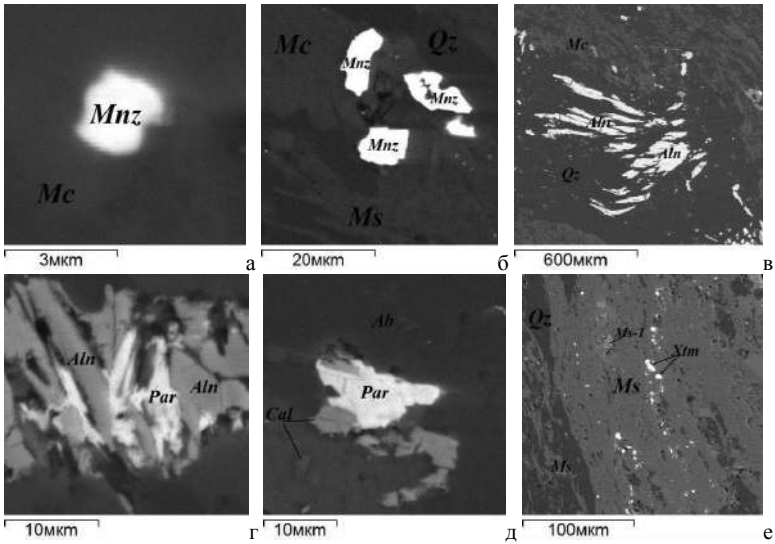


Рисунок. Микровключения монацита (а, б), алланита (в, г), паризита (г, д), ксенотима (е). Изображение СЭМ VEGA II LSH. Детектор BSE (отраженные электроны). Условные обозначения: Mnz - монацит, Mc - микроклин; Ms - мусковит, Qz - кварц, Aln - алланит, Par - паризит, Ab - альбит, Cal - кальцит, Xtm - ксенотим

Акцессорные количества минералов-носителей REE не позволяют говорить о значимых суммарных содержаниях. Тем не менее, составы высокремнистых пород Койкарской и Эльмусской структур позволяют считать силициты минеральным сырьем и определяет их пригодность при использовании в качестве кварц-полевошпатового материала для производства фарфора как хозяйственного, так и специального назначения, в составе масс которого кроме полевого шпата и кварца, широко используются добавки оксидов щелочноземельных металлов, в том числе бария и стронция. Введение стронциевых соединений позволяет снизить вязкость расплава и улучшить термостойкость черепка, а добавка оксида бария повышает прочность изделия. Наиболее перспективны изученные силициты при использовании их в производстве полубелой тары, а также сортового стекла. Пригодны силициты и в качестве строительного щебня.

Литература

1. Светов, С.А. Магматические системы зоны перехода океан-континент в архее восточной части Фенноскандинавского щита / С.А. Светов. - Петрозаводск. КарНЦ РАН, 2005. - 230 с.
2. Светова, А.И. Мезоархейские седиментационные ансамбли в пределах офиолитоподобных комплексов Центрально-Карельского террейна / А.И. Светова, С.А. Светов, Т.Н.Назарова // Геология и полезные ископаемые Карелии. - Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. - С. 135-141.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ПРИМЕСИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРУНДА ХИТОСТРОВСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

Скамницкая Л.С.¹, Бубнова Т.П.¹, Барнов Н.Г.².

¹ - ИГ КарНЦ РАН, г.Петрозаводск, Россия; ² - НИТУ "МИСиС", г.Москва, Россия

Технологические исследования выполнены на пробе массивной руды, отобранной из канавы в корундовых гнейсах Хитостровского проявления (Республика Карелия). Помимо корунда, в минеральном составе породы преобладает плагиоклаз № 26-20, содержание которого колеблется в широких пределах: от 0-5% - в меланократовых разновидностях, до 90-95% - в плагиоклазитах. Цвет плагиоклаза белый, размер зерен от 1-2 мм до 3-5 см. Присутствуют идиоморфные зерна граната размером 2-3 см, биотит, роговая обманка.

В результате изучения микроструктурных особенностей корунда на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH с анализатором INCA Energy 350 (условия анализа: ускоряющее напряжение-20kV, ток зонда-350pA) установлено присутствие диаспора [1]. Его присутствие подтверждается данными оптической микроскопии (рис. 1) и исследований методом КР-спектроскопии по наличию характерных полос поглощения.

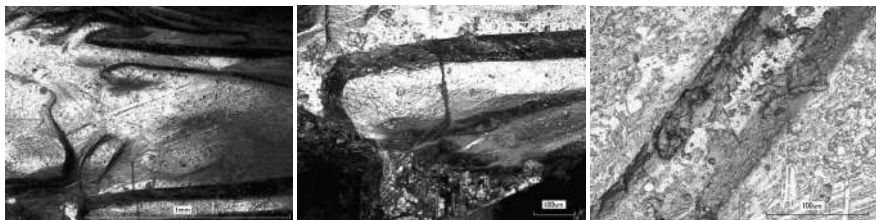


Рис. 1. Развитие в корунде монокристаллического диаспора. Изображение лазерного микроскопа Color 3D VK-9710K

На предварительной стадии обработки минерального сырья (процессы дробления, измельчения) первостепенную роль играют механические свойства минералов - твердость, предел упругости, пластичность и др. Одной из величин, характеризующих количественную оценку твердости минерала, является микротвердость. Определение микротвердости корунда Хитостровского проявления производилось по стандартной методике на приборе ПМТ-3 путем вдавливания правильной четырехгранной алмазной пирамиды с углом при вершине 136°С под нагрузкой от 5 до 200 гс в плоскую поверхность полированных образцов. Для сравнительной оценки измерялась микротвердость соседствующих с корундом породообразующих минералов. Результаты замеров сведены в таблицу.

Таблица. Микротвердость породообразующих минералов корундовых гнейсов
Хитостровского проявления, Н, кгс/мм²

Значение микротвердости	Гнейс-1		Гнейс-2		
	Корунд	Роговая обманка	Корунд	Гранат	Плагиоклаз
Минимальное	1775	455	2285	1508	875
Максимальное	2376	989	2597	1837	990
Среднее	2018	805	2337	1613	855

Средняя микротвердость кристаллов корунда по литературным данным составляет 1955-2200 кгс/мм² [2]. Для корунда Хитостровского проявления характерна анизотропия значений микротвердости, это отражается в разбросе численных значений - от 1775 до 2597 кгс/мм². Наблюдается значительный разброс значений микротвердости и для роговой обманки, что также связано с анизотропией физических свойств этого минерала. Результаты измерения реальной микротвердости корундов показывают снижение значений в зависимости от наличия мелкодисперсных включений минералов, как правило, имеющих пониженную твердость.

Микротвердость наиболее низка в кристаллах корунда, находящихся в ассоциации с диаспором, плагиоклазом. Ее значения снижаются до 1463-1661 кгс/мм², при среднем 1553 кгс/мм². В образцах, где корунд находится в ассоциации с амфиболом, микротвердость близка к литературным данным.

Изучение поверхности кристаллов корунда, "загрязненного" минеральными включениями, проведено на лазерном микроскопе Color 3D VK-9710K (рис. 2). Анализ характера включений показал, что ширина характерных слоев с диаспором может достигать 100 мкм при их глубине 20-30 мкм (рис.2).

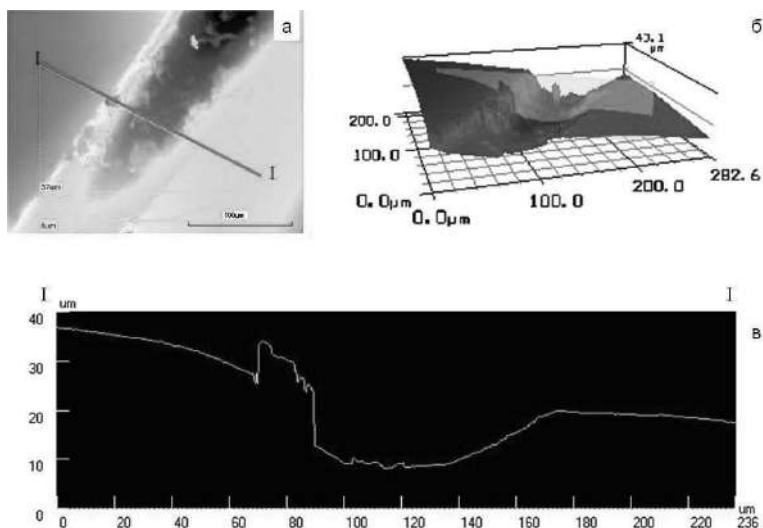


Рис. 2 Морфология поверхности зерна корунда: а - поверхность зерна с включением диаспора, I-I - линия профиля; б - 3D-изображение; в - профиль поверхности корунда по линии I-I. Изображение лазерного микроскопа Color 3D VK-9710K

Таким образом, наиболее значимо снижают прочностные характеристики корунда включения диаспора, который в процессе рудоподготовки может выкрашиваться, что отрицательно скажется на сохранности кристаллов корундов при дезинтеграции.

Литература

1. Скамницкая Л.С. Минералогические критерии оценки качества корунда на примере проявления Хитостров, Сев Карелия / Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П., Барнов Н.Г., Букчина О.В. // XIII Международной научно-практической конференции "Новые идеи в науках о Земле 2017". - Т.1. - М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. - С. 154-156.
2. Лебедева С.И. Микротвердость минералов. М., 1977. 118 с.

ЭВОЛЮЦИЯ ПОСТРУДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА БОКСИТОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

Слукин А.Д.¹, Боева Н.М.¹, Жегалло Е.А.², Зайцева Л.В.²

¹ boeva@igem.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН), Москва, Россия

²Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка (ПИН РАН), Москва, Россия

Бокситы – главный источник алюминия, одного из важнейших элементов стратегического сырья. Его основные запасы связаны с латеритными корами выветривания (ЛКВ), меньшие – с продуктами их переотложения и метаморфизма. Бокситоносные ЛКВ в тропическом климате формируются в благоприятных тектонических и геоморфологических обстановках. Тектоническая обстановка должна быть стабильной или сопровождаться слабыми эпэрогеническими движениями земной коры в течение достаточно длительного периода времени (тысячи и миллионы лет), необходимого для формирования латеритного профиля. Геоморфологическая обстановка характеризуется спокойным сглаженным рельефом.

ЛКВ образуются на любых алюмосиликатных породах и характеризуются определенными зональными профилями (Слукин и др., 2015). Наиболее полные из них включают (снизу вверх): материнская порода → дезинтегрированная порода → зона глинистых минералов (аллофана, монтмориллонита (ММ), галлузита, каолинита) → зона гидроксидов Al (гиббит, бемит) и Fe (гетит, гематит). На основных породах (базальтах, долеритах и др.) развиты мощные горизонты ММ и каолинита и бокситы смешанного бемит-гиббитового состава. Во время муссонных дождей монтмориллонит разбухает, тампонирует все пути фильтрации и способствует возникновению сезонной застойной восстановительной обстановки. При этом Fe^{3+} переходит в Fe^{2+} , растворяется и постепенно выносится из каолинов и бокситов в течение сухих сезонов. Вынос растворов осуществляется путем бокового высачивания, капиллярного подъема и эвапотранспирации. При встрече с кислородом Fe^{2+} окисляется, переходит в Fe^{3+} в виде гетита и гематита, формируя собственно латериты. На кислых породах (гранитах, гнейсах и др.) преобладают горизонты каолинита и галлузита и гиббитовые бокситы и латериты.

На осадочных каолинах существует прямой переход каолинита в гиббит. Прибрежные низменности западного побережья Индии представляют собой поднятое дно моря. Они неоднократно подвергались эпэрогеническим колебаниям: поднимались над уровнем моря, расчленились реками, выветривались, погружались в море, покрывались новыми порциями осадков, вновь поднимались и выветривались. Таким образом, в разрезе прибрежно-морских отложений на каолиновых глинах сформировались, по крайней мере, два бокситоносных латеритных профиля. Эти события особенно отчетливо проявились в южной части Индостана на Малабарском побережье в условиях переменного-влажного тропического климата, существующего с позднего мела до наших дней. Такие условия оказались благоприятными для образования и сохранности бокситов, сложенных гиббит-гематитовой ассоциацией (месторождение Палайангади, штат Керала). Условия переменного-влажного тропического климата, существующего с позднего мела до наших дней, оказались благоприятными для образования и сохранности бокситов.

Северная часть западного побережья, замыкается полуостровом Кач; на котором сосредоточены главные месторождения бокситов штата Гуджарат. Здесь латеритизации подверглись не только прибрежно-морские и аллювиальные отложения, но и низкие холмы-останцы расчлененного траппового плато. Траппы сложены мел-палеоценовыми базальтами. В палеоцене в условиях переменного-влажного тропического климата сформировались бокситоносные латеритные коры выветривания. В раннем и среднем эоцене они были затоплены морем и перекрыты глинистыми сланцами со слоями лигнитов и песчаниками. В позднем эоцене эта территория была поднята и подвержена повторной

латеритизации. С миоцена до плейстоцена включительно она была вновь затоплена морем, и латериты были перекрыты песчаниками, глинистыми сланцами, мергелями и известняками. После плейстоцена происходило медленное поднятие, но еще в 19 веке Кач на географических картах изображался островом. В настоящее время Кач представляет собой полуостров, занятый скалистыми столовыми холмами высотой до 300 м и окаймленный широкой песчаной полосой прибрежной низменности. К северу от него простирается Качский Ранн. Около 2500 лет назад в него впадала река Инд, но постепенно она на 150 км сместилась на запад, климат стал аридным, и началось наступление пустыни Тар. В зимний сухой сезон Ранн предстает как огромная белая равнина, на которой местное население добывает поваренную соль. В период летних муссонов Ранн затопляется. Самый жарким месяцем является май: его среднемесячная температура колеблется около 35.5°C, а максимальная поднимается выше 49°C. В силу избыточного перегрева возникают сильные пыльные бури. В отличие от Малабарского побережья, где выпадает 1500-2500 мм осадков в год, на Каче их количество составляет 350-370 мм. Таким образом, тропический влажный и сухой климат, или климат муссонных саванн, сменился на климат тропических и субтропических пустынь. В этих условиях процессы минералообразования не прекратились, но они пошли в ином направлении и выразились в широком развитии антагонистических латеритам ассоциаций: карбонатов (кальцита, сидерита), сульфатов (гипса), двойных сульфатов (алуниита, ярозита, квасцов, галотрихита) и хлоридов (галита). Кроме того, бокситы в эоцене погружались в море и вновь осушались. При этом они оказывались в восстановительных условиях мелководной морской среды, в которой образовался шамозит $2[(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})_3\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8]$. Шамозит находится в виде гнезд и слоев мощностью до 5 см, заполненных черной скрытокристаллической смолоподобной массой. Показательно, что современные отвалы разрабатываемых карьеров быстро минерализуются, и куски монтмориллонитизированных, каолинитизированных и гиббситизированных базальтов покрываются обильными корочками кальцита, сидерита, арагонита, гипса и галита.

На территории Сибирской платформы мел-палеогеновые латеритные бокситы Центрального месторождения Чадобецкого поднятия находились в стабильной тектонической обстановке, не перекрывались осадками и сохранили гиббситовый состав.

Эоценовые осадочные пизолитовые бокситы с обломками латеритов (месторождения Салал, Джангалгали и др., штат Джамму и Кашмир) были вовлечены в эпейрогенические процессы формирования Гималаев. Пизолиты были сплющены, но обломки латеритов сохранили реликтовые структуры базальтов и сланцев, хотя и заместились бемитом и диаспором. Влияние окружающих угленосных отложений выразилось в полном выносе железа, обелении каолинов и бокситов и образовании биопирита (Бортников и др., 2014).

Докембрийские бокситы Алагуйского месторождения Монголии подверглись региональному метаморфизму. Псевдоморфные латерита превратились в корунды, а осадочные бокситы – в корунд-диаспор-шпинелевые руды.

Литература

1. Слукин А.Д., Бортников Н.С., Жухлистов А.П., Мохов А.В., Боева Н.М., Жегалло Е.А., Зайцева Л.В. Микроморфология и генетические взаимоотношения главных гипергенных минералов бокситоносных латеритных профилей (по результатам электронно-микроскопического изучения) // Новые данные о минералах. 2015. В.50. С. 50-61.
2. Бортников Н.С., Слукин А.Д., Боева Н.М., Жегалло Е.А. Бемит-диаспоровые бокситы провинции Джамму, Индия, как продукты переотложения латеритных кор выветривания различных горных пород // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2014. № 2. С. 23-31.

Работа выполнена в рамках госзадания по теме 0136-2018-0025.

АДИАБАТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЕГМАТИТА

Утенков В.А.

vutenk@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

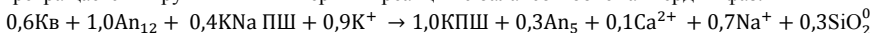
Пегматитовая жила «Сибирячка» (Средний Урал), относящаяся к редкометалльному типу, была обнаружена в 2005 г. в старом никелевом карьере. Минералогия жилы изучена и опубликована разными авторами. В настоящей работе приводится петрологическая модель формирования этой жилы.

Жила принадлежит Липовскому полю восточнее Мурзинско-Адуйского гранитного массива. Она залегает внутри плагиигранита, прорывающего крупное тело серпентинитов. Древний плагиигранит представляет «холодную раму» пегматита. Пегматит мощностью 1-1,5 м окружен широким аплитом и ориентирован почти вертикально. В зоне верхнего выклинивания жила представлена средне-крупнозернистым пегматоидом, а внизу – собственно пегматитом. Различие структур аплита, пегматоида и пегматита даёт возможность оценить разницу условий образования этих пород.

В аплите (внешней породе жилы) на начальной стадии кристаллизации устанавливается баланс между отводом тепла во внешнюю среду и выделением скрытой теплоты плавления. Это состояние соответствует высокотемпературной адиабатической оболочке для минералов последующих стадий. Её маркирует ранние кварц и плагиоклаз, которые при взаимодействии с остаточным расплавом замещаются калиевым полевым шпатом (КПШ) и сохраняются лишь в редких реликтах, а сам аплит приобретает сиенитовый состав. Начальное равновесие между кварцем (Кв) и плагиоклазом (An_6) возникает в процессе деанортитизации раннего An_{12} ($An_{12} \rightarrow An_6$) с выносом в расплав и затем во флюид части Са. Это соответствует химическому (высокотемпературному) способу растворения воды в расплаве, когда P_{H_2O} низкое (<150 МПа) [5], а температура высокая (~1000°C) [7]. Сиенитизация аплита при массовой кристаллизации КПШ означает удаление Si из расплава во флюид, по-видимому, с фтором (SiF_4) при высокой температуре (>985°C) [1]. Разогрев расплава в развивающейся трещине неизбежен из-за адиабатической декомпрессии подобно механизму плавления глубинных пород [4]. Отвод тепла во вмещающие породы при этом отсутствует. С исчезновением расплава кремнезём вместе с Са и Al возвращается в метасоматических симплектитах Кв + An_{20} по КПШ. Позже появляется обильный флюорит.

Верхний пегматоид образуется из расплава, заполняющего осевую трещину усадки аплита. Фракционная кристаллизация Кв + $An_{12} \rightarrow$ Кв + КNa ПШ сменяется инконгруэнтным образованием КПШ в реакции Кв + An_{12} + КNa ПШ \rightarrow КПШ (без Na) при постоянстве температуры (780°C), но с нарастанием давления воды в расплаве (100 \rightarrow \geq 200 МПа). Температура фиксирована из-за адиабатической оболочки аплита. Её более низкий уровень связан с уменьшением внутренней энергии на величину $-PV$ (механическая работа, затраченная на образование осевой трещины в аплите). В самом конце давление растёт (500 МПа), а температура снижается (700°C) из-за внутреннего перераспределения тепла. Остаточный силикатный расплав, «прожигаящий» ранние минералы и дающий симплектиты Кв + An_0 , подвергается адиабатическому разогреву из-за потери воды. По-видимому, это связано с наличием сопряжённого фторидно-солевого расплава без Si (K_2AlF_6) [2], который, в отличие от силикатного расплава, гидрофилен и химически агрессивен.

Нижний пегматит в своей широкой части (от аплита почти до осевой щели) по составу и структуре отличается от узкой центральной зоны (около осевой щели с пустотами). В пегматите (как в широкой, так и в узкой части) кристаллизация расплава завершается раньше, чем в верхнем пегматоиде, и при высокой температуре (780°C). Это связано с более низким давлением воды в расплаве. Калий на магматической стадии расходуется не полностью. Поэтому при метасоматозе магматическая матрица Кв + An_{12} + КNa ПШ превращается в крупный КПШ-пертит в реакции с балансом объёма твёрдых фаз:



Сиенитовое равновесие КПШ и псевдопертитов Ap_5 устанавливается в температурном поле адиабатической оболочки аплита. Десиликация (вынос SiO_2), структурная и оптическая когерентность псевдопертитов и КПШ – признаки диффузии. Полное замещение в центре и неполное на краю КПШ-пертита нарушает баланс объёма и приводит к неравномерному распределению напряжений. Повышенное твёрдофазное давление снимается уплотнением КПШ в форме швов микроклинизации. Когда этого недостаточно, образуются сколовые трещины и флюид с кремнезёмом выносятся в направлении осевой щели.

Состав нижнего пегматита около осевой щели и его структура меняются в зависимости от соотношения минералов в магматической матрице. Если КПШ-пертит растёт, поглощая все ранние минералы (Кв, Ap_{12} , KNa ПШ), их замещение и распределение напряжений весьма неравномерно. В результате возникают трещины, и диффузионный рост КПШ-пертита сменяется инфильтрацией. Сколовые трещины внутри КПШ-пертита прерывают его рост, и по нему вдоль трещин развивается мусковит, а за пределами КПШ-пертита сохраняются ранние Кв и Ap_{12} . Здесь из-за начального градиента активности вполне подвижных компонентов сохраняются кислотные условия и происходит окварцевание плагиоклаза. Трещины с мусковитом внутри КПШ-пертита и с кварцем за его пределами обозначают скачок снижения температуры $780 - \sim 400^\circ$ по принципу адиабатического (изоэнтропического) охлаждения флюида из-за его расширения [3, 6]. Это соответствует уменьшению внутренней энергии на величину совершаемой механической работы при образовании трещин. Увеличению объёма твёрдых фаз при растрескивании противостоит более значительное уменьшение объёма при кислотном окварцевании плагиоклаза за пределами КПШ-пертита, где из-за охлаждения увеличивается активность В и F. Возникают миароловые пустоты с кварцем, мусковитом, топазом, флюоритом и турмалином.

Если КПШ-пертит растёт около осевой щели, но при этом замещает только два ранних минерала (Кв и Ap_{12}), а KNa ПШ отсутствует, замещение происходит равномерно при увеличении объёма. В результате щель между миароловыми пустотами сужается. КПШ-пертит слагает лишь узкую зону вдоль щели, сменяясь тоже узкой зоной кварц-калишпатовых симплектитов с турмалином. Ещё далее от щели КПШ замещается плагиоклазом Ap_{12} при сохранении симплектитовой структуры. Рост объёма приводит к массовому образованию трещин, которые последовательно заполняются микроклином, биотитом, альбитом и кварцем с тем же скачком снижения температуры. Далее по микроклину образуется мусковит, а затем по КПШ образуются симплектиты кварца с Ap_{6-8} .

Образование пегматитовой жилы независимо от стадии обязательно проходит через адиабатические состояния. При участии расплава такими состояниями являются адиабатическая оболочка (аплит, пегматоид), адиабатический разогрев (аплит, пегматоид), а при метасоматозе – адиабатическая оболочка и адиабатическое охлаждение. Система адиабатических состояний, свойственная пегматиту, противоположна кристаллизации гранитов с отводом тепла во вмещающую среду. В пегматите вместо отвода тепла на первый план выходит сброс энергии в форме механической работы с образованием дислокаций.

Литература

1. Анфилов В.Н., Быков В.Н., Осипов А.А. Силикатные расплавы. М.: Наука, 2005. 357 с.
2. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. Фазовые отношения в ликвидусной части гранитной системы с фтором // Геохимия. 1993, № 6. С. 821–839.
3. Гричук Д.В. Термодинамические модели субмаринных гидротермальных систем. М.: Научный мир, 2000. 304 с.
4. Кадик А.А., Френкель М.Я. Декомпрессия пород коры и верхней мантии как механизм образования магм. М.: Наука, 1982. 120 с.
5. Персиков Э.С. Вязкость магматических расплавов. М.: Наука, 1984. 160 с.
6. Bischoff J.L., Pitzer K.S. Phase relations and adiabats seafloor geothermal systems // Earth and planetary science letters. 1985. V. 75, № 4. P. 327–338.
7. Yoder H.S. Albite–Anorthite–Quartz–Water at 5 kb // Carnegie Institution of Washington.– Year Booc 66 (1966 – 1967). P. 477–478

ХИМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ГРАНАТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОРОВЫХ ЭКЛОГИТОВ

Федькин В.В.

vfedkin@iem.ac.ru, Институт экспериментальной минералогии, Российская академия наук,
г.Черноголовка Московской обл., Россия

Гранат является одним из наиболее информативных и в то же время консервативных минералов метаморфических горных пород, используемых в равновесии с другими силикатами для оценки физико-химических условий метаморфизма. Особенно важна его роль при изучении эклогитовых комплексов, где его ассоциация с пироксеном является, по существу, единственным надежным инструментом для определения параметров минералообразования и их эволюции в процессе развития комплекса.

В данной работе на основе детального микронзондового изучения состава и зональности сосуществующих минералов (в первую очередь, граната и пироксена) определен характер метаморфической эволюции Максютковского эклогит-глаукофансланцевого комплекса на южном Урале, выявлена периодичность его формирования и конкретные термодинамические параметры минералообразования на каждом этапе метаморфизма. Максютковский эклогит-глаукофансланцевый комплекс расположен в зоне Главного Уральского Разлома и хорошо известен как субдукционный комплекс высокого (HP) – сверхвысокого (UHP) давления средне - позднепалеозойского возраста. Характерные фазы сверхвысокого (UHP) давления (псевдоморфозы коэсита по кварцу, графитовые кубоиды по алмазу, включения микроалмаза) отмечались ранее в литературе (Чесноков и Попов, 1965; Добрецов и Добрецова, 1988; Leech, Ernst, 1998, 2000; Bostick et al., 2003). Новые аналитические данные по составу граната и клинопироксена подтверждают высокобарный характер происхождения эклогитовых пород, которые присутствуют в нижней части комплекса в виде многочисленных линз, будин и прослоев среди глаукофановых и полевошпат-слюдястых сланцев.

Исследования проводились традиционными методами катионно-обменной термометрии, а также путем моделирования изохимических фазовых равновесий (т. н. "псевдосекционный анализ") по программе Perple-X 6.6.8 [Connolly, 2009]. Термобарометрические расчеты параметров метаморфизма эклогитовых ассоциаций выполнены на основе микронзондового изучения состава и зональности сосуществующих фаз и минеральных включений в парагенезисе $Grt + Crx \pm Pl + Qz$ с использованием $Grt-Crx$ геотермометра Пауэлла [Powell, 1985] и усовершенствованного $Pl-Crx-Qz$ геобарометра Перчука [Перчук, 1992]. Гранат в эклогитах Максютковского комплекса практически всегда зонален, обладает прямой, обратной и инверсионной зональностью, в то время как состав клинопироксена меняется незначительно ($X_{Jd} \sim 22-40$ мол. %), как в пределах одного образца, так и в целом по комплексу. Плагноклаз, используемый для оценки давления в парагенезисе $Grt+Crx+Pl+Qz$, по составу близок к альбиту $X_{Ab} \sim 0.9-1.0$ и, скорее всего, является более поздним минералом метасоматического происхождения. По этой причине составы сосуществующих фаз в Pl -содержащих эклогитах отражают параметры (T_{max} , P_{min}) заключительных, относительно низкотемпературных стадий эволюции комплекса. Результаты $P-T$ расчетов $Grt+Crx\pm Pl+Qz$ равновесия представлены в виде трендов изменения температуры и давления при кристаллизации зональных зерен граната (от центра к краю) в равновесии с клинопироксеном. Исследовались образцы разной степени выветривания, из центральных и краевых частей крупных будин, из эклогитовых прослоев в $Grt-Crx-Gln-Mu-Qz$ матриксе, составы крупных порфиробластических зерен граната и мелких новообразованных кристаллов в основной массе породы.

Часто в одном образце или в серии пород из одного участка присутствуют зерна граната с прямой и обратной зональностью. Прогрессивные и регрессивные $P-T$ тренды, построенные по составу минералов в таких образцах, образуют сопряженные пары, характеризующие параметры отдельных этапов развития комплекса. На основе полученных

данных выделяются, по крайней мере, четыре эпизода метаморфических преобразований Максютовского комплекса [Fedkin et al, 2017].

Параметры метаморфической эволюции эклогитов Максютовского комплекса по данным минералогической термобарометрии $\text{Grt}+\text{Crpx}\pm\text{Pl}+\text{Qz}$ равновесия.

№ п/п	Проградная ветвь	Ретроградная стадия	Возраст, Ма
1.	T=800-900 °C при P=3,5 ГПа.	T=910→730 °C при P=3,5 ГПа	533±4,6
2.	T=500-790 °C при P=2,5-3,0 ГПа	T=740→610 °C при P=2,5→1,4 ГПа.	392-485
3.	T=460-680 °C при P=1,1-1,5 ГПа	T=690→430 °C при P=1,3→1,0 ГПа	360-465
4.	T=310-515 °C при P=0,9-1,2 ГПа	T=545→310 °C при P=1,0→0,6 ГПа	320-335

Возрастные данные отдельных этапов (Leech, Ernst, 1998, 2000; Вализер и др., 2013, 2015) в совокупности с параметрами метаморфизма образуют единый P-T-t тренд развития комплекса, который определяет положение градиента метаморфического поля во время его эксгумации. Ранее установленные признаки УНР условий комплекса (псевдоморфозы кварца по козситу, микроалмазные включения в гранате, кубоиды графита по алмазу) свидетельствуют о максимальном давлении (~3.0-3.2 ГПа) на ранней проградной стадии и фиксируют геотермальный градиент зоны субдукции.

Автор благодарит программу Фулбрайт (научный грант 2011г. и малый грант 2015г.) за финансовую поддержку этих исследований, а также сотрудника Ильменского государственного заповедника УрО РАН П.М.Вализера, проф. Г.Эрнста (Prof. W. G. Ernst, Стэнфордский университет) и проф. М.Л.Лич (Prof. M.L.Leech, Государственный университет Сан-Франциско) за поддержку и помощь в работе.

References cited

- Bostick, B., et al. (2003) Positive identification of microdiamond from the Maksyutov Complex, south Urals, Russia. // *American Mineralogist* v. 88, p. 1709-1717.
- Fedkin V.V., Mary L. Leech, Andrey A. Shchipansky, Peter M. Valizer, Theodore D. Burlick, and W. G. Ernst 2017 Coexisting Zoned Garnets and Clinopyroxenes from Mafic Eclogites of the Maksyutov Complex, South Ural Mountains, Russia. // *Experiment in Geosciences*. 2017. V.23. No.1. p. 5-13.
- Leech M. L. and Ernst W. G. (1998) Graphite Pseudomorphs After Diamond? A Carbon Isotope and Spectroscopic Study of Graphite Cuboids from the Maksyutov Complex, South Ural Mountains, Russia. // *Geochim. Cosmochim. Acta* 62, 2143–2154.
- Leech, M. L., and Ernst, W. G. (2000) Petrotectonic evolution of the high- to ultrahigh-pressure Maksyutov Complex, Karayanova area, south Ural Mountains, Russia: structural and oxygen isotopic constraints. // *Lithos*, v. 52, p. 235-252.
- Powell, R., 1985. Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/geobarometer calibration: the garnet-clinopyroxene Geothermometer revisited. // *J. Metamorph. Geol.* 3, 231–243
- Вализер П.М., Краснобаев А.А., Русин А.И. (2013) Жадеит-гроссуляровый эклогит Максютовского комплекса, Южный Урал. // *Литосфера*, т.4, с. 50-61.
- Вализер П.М., Краснобаев А.А., Русин А.И. (2015) УНРМ эклогит Максютовского комплекса (Южный Урал). // *Докл. РАН*, т.461, № 3, с.316-321.
- Добрецов Н.Л., Добрецова Л.В., (1988) Новые данные по минералогии эклогит-глаукофансланцевого максютовского комплекса. // *Доклады АН СССР* т.300, № 1, с.195-200.
- Чесноков Б.В., Попов В.А. (1965) Увеличение объема зерен кварца в эклогитах Южного Урала. // *Доклады АН СССР* т.162, № 4, с.909-910.
- Перчук А.Л. (1992) Новый вариант омфациит-альбит-кварцевого геобарометра с учетом структурных состояний омфациита и альбита. // *Докл. АН СССР*. 324: 1286-1189.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РУД ПРОЯВЛЕНИЯ ТОПЬ БАИМСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ, ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА

Юсупова Алена Викторовна

korshikovalena2014@gmail.com, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Россия

Одним из основных источников меди являются медно-порфировые месторождения. В настоящее время имеется детальная минералогическая информация по месторождению Песчанка и месторождениям и проявлениям в рудном поле Находка. Данные по минералогии и условиям образования проявлений в других рудных полях и на флангах рудного поля Песчанка крайне скудны. Поэтому представляется актуальным понять причины отсутствия крупных рудных скоплений на флангах Баймской рудной зоны. С другой стороны, возможно, что оруденение на флангах присутствует на глубоких горизонтах и не вскрыто эрозией. Доказательство этого предположения сделало бы фланги зоны перспективными на медно-порфировое оруденение.

Целью работы является характеристика особенностей минералогического строения руд проявления Топь в северной части Баймской рудной зоны, Западная Чукотка.

Проявление Топь расположено в 15 км к северу от крупного Au-Mo-Cu порфирового месторождения Песчанка и приурочено к западному эндо- и экзоконтактам Егдыгкычского массива, который представлен в этой части габброидами и монцодиоритами. Интрузивные тела прорывают вулканы верхневожжского яруса. Габброиды и монцодиориты в разной степени пропилитизированы. Среди первичных магматических минералов габброидов выделяются оливин, авгит, андезин-лабрадор, титаномагнетит и редкий биотит. К первичным магматическим минералам монцодиоритов относится биотит, магнезиогастингсит, андезин, калиевый полевой шпат, титаномагнетит. Аксессуарными магматическими минералами являются титанит и апатит. В результате пропилитизации пироксен и амфибол магматических пород превращены в агрегаты хлорита и актинолита, в котором локально сохранились неизменные участки. Биотит превращен в основном в агрегат кальцита и хлорита или хлоритизирован. Плагиоклаз замещается эпидотом. По химическому составу магматические амфиболы относятся к магнезиогастингситу, редко эдениту (рис.2). Минералы содержат Ti (0.20-0.28 а.ф.) и обогащены Fe³⁺ (0.40-0.83 а.ф.). Поздние амфиболы по химическому составу относятся к магнезиогорнблендиту и актинолиту. Магнезиальность варьирует от 0,67 до 0,83. По сравнению с исходными амфиболами, метасоматические содержат существенно меньше Ti (0-0,11 а.ф.), который по видимому, при замещении формирует титанит или рутил.

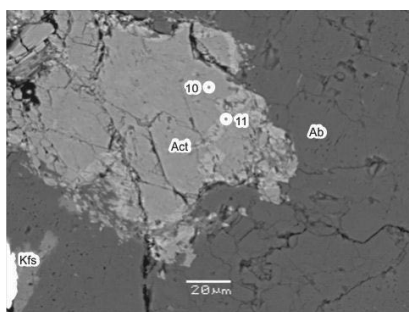


Рис 1. Пропилит. Срастание альбита (Ab) и амфибола (Amf). Амфибол более светлый обрастает и по трещинам замещает темный амфибол. Темный амфибол отвечает составу – магнезиогорнблендит, светлый – актинолит (Шлиф №DHT_001-91,9). Фото в отраженных электронах.

Эпидот слагает сложнзональные кристаллы, отношение $Fe^{3+}/(Al+Fe^{3+})$ в минерале варьирует от 0,18 до 0,46. По химическому составу хлорит относится к железистому и высокожелезистому клинохлору (Si 2,79-3,48 а.ф., $Fe/(Fe+Mg)$ 0,27-0,41) и содержит небольшую примесь Mn (0,04-0,10 а.ф.) и F (до 0,10 а.ф.). Кальцит, кроме агрегатов с хлоритом, образует отдельные кристаллы, гнезда и прожилки. Пропилиты рассеяны прожилками пренита, натролита и шабазита.

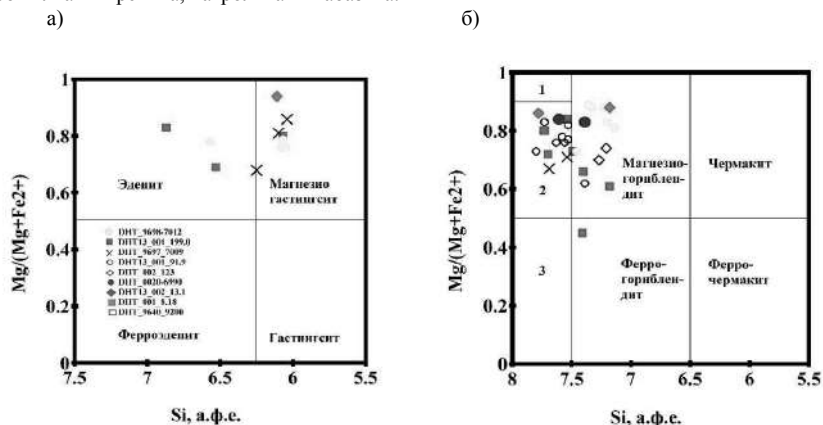


Рис 2. Классификационные диаграммы амфиболов (Leak et al., 1997) пропилитов и пропилитизированных магматических пород участка Топь. А) Первичные магматические амфиболы. Б) Гидротермальные амфиболы. Поля: 1 – тремолит, 2 – актинолит, 3 – ферроактинолит.

Главными рудными минералами являются халькопирит, пирит, к редким относится самородное золото. Пирит образует относительно крупные выделения размером до нескольких сотен микронов двух типов. Пирит первого типа незональный, по данным электронно-зондового анализа он содержит незначительное количество (первые тысячные доли ф.к.) Mn , Co и Ni . Пирит второго типа образует идиоморфные кристаллы, в которых отдельные зоны обогащены As . Обогащенный As зональный пирит ранее был отмечен на месторождениях Находкинского рудного поля. Халькопирит цементирует брекчированные кристаллы пирита и нарастает на последний. Кроме того, халькопирит участка по химическому составу имеет сходства с составом минерала из месторождения Песчанка и рудного поля Находка.

Литература

1. Bayliss P. Nomenclature of the trioctahedral chlorites //Can. Miner., 1975. Vol. 13. P. 178-180.
2. Leake B.E. Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. Canadian Mineralogist, 35, 219-246. – 1997.
3. Leake B.E. Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. Canadian Mineralogist, 41, 1355-1370. – 2003.
4. Бакшеев И.А., Николаев Ю.Н., Нагорная Е.В., Калько И.А., Япаскурт В.О. Новые данные по минералогии золото-медно-порфировых проявлений Находкинского рудного поля, Чукотка // Материалы Всероссийской конференции. М., ИГЕМ РАН. 2010. Т.1. С.59-61

S-IV

СЕКЦИЯ ГЕММОЛОГИИ

ДИАГНОСТИКА РЕЗНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В МУЗЕЙНОЙ СРЕДЕ

И.Ахвледiani

Akhvledianiia@yahoo.com, Грузинский Технический Университет, Тбилиси, Грузия

В Национальном музее Грузии хранится коллекция китайских резных изделий из слоновой кости, панциря черепахи и рога носорога. По просьбе куратора коллекции было проведено исследование, целью которого было выбрать такие методы идентификации, которые не повредили бы экспонаты, были бы просты в исполнении и доступны в музейной среде.

Оптические и физические характеристики определялись стандартными гемологическими приборами и методами: 10х лупа, флуоресценция, удельный вес, гидростатическое взвешивание, показатель преломления (точечным методом). Особое внимание уделялось анализу структуры и анатомического строения, как важному идентификационному признаку.

Задача 1. Диагностика изделий из слоновой кости.

Определен показатель преломления 1.52–1.54 и уд. вес 1.69–1.81.

Все образцы флюоресцировали голубовато белым светом разной интенсивности при длинноволновом и так же но намного слабее при коротковолновом излучении. По нашим наблюдениям интенсивность флюоресценции уменьшается при выветривании и окислении поверхности, что можно использовать для оценки состояния изделия из слоновой кости в музейных экспозициях.

Для выявления минеральных компонентов кости применялась 2% соляная кислота. Хотя такое воздействия не приветствуется, но при быстром опробовании и соблюдении мер безопасности это наиболее простой, и надежный способ отличить кость от пластмассовой имитации.

Данные о форме, строении и размерах слоновых бивней позволили контролировать аутентичность изделия изготовленных из полных бивней или их поперечных сегментов. Наиболее интересная группа в этом отношении резные стопки для кистей высотой от 8.3 - 23 см и диаметром от 5.4 до 14 см. Заметна природная кривизна и сужения полости от основания в сторону острия. Налицо также, такие признаки, как: плотная, гладкая поверхность, холодная при прикосновении; полупрозрачные края; пожелтение поверхностного слоя в результате окисления; характерные трещины вдоль линии роста.

Основным диагностическим признаком являются линии Шрегера (уникальная ячеистая структура характерная для слоновой и мамонтовой кости в поперечном сечении). Углы между линиями Шрегера применяются для отличия слоновой кости от мамонтовой. Обнаружить линии Шрегера на резных изделиях было непросто, однако ячеистая структура была выявлена на всех гладких поверхностях поперечных линиям роста, например основании фигур. Гораздо сложнее было отличить слоновую кость от мамонтовой, так как углы между линиями Шрегера применяемые для идентификации сильно зависят от расположения углов пересечения по отношению к центру кругового поперечного сечения и от расположения плоскости сечения по отношению к оси бивня. Анализ структуры и линии роста позволил также выявить наборные изделия.

Задача 2. Диагностика изделий из панциря черепахи.

Объектом исследования был резной веер перед реставрацией, что позволило изучить и сам веер и его отдельные пластинки. Одновременно исследовались пластинки инкрустации оттоманского ящика каллиграфа. Для сравнения свойств использовалась небольшая коллекция пластмасс и роговая пуговица.

Определен показатель преломления 1.54 и уд.вес ламинированных толстых краевых пластин 1.26 -1.28.

Характерный для панциря запах протеина или «жженого волоса» определен прикосновением раскаленной иглы или помещением пластинок на 30 секунд в воду с температурой 60°C. Этот тест позволил легко отличить панцирь черепахи от пластмасс, однако костяная пуговица то же издавала запах «жженого волоса».

Все образцы флюоресцировали тусклым голубоватым светом, как при длинноволновом, так и при коротковолновом излучении. Свечение было неоднородным, пятнистым в зависимости от концентрации пигмента, но контраст был не таким резким, как об этом сообщалось ранее. Пластмассы светились по-разному.

Толщина основных пластин веера и пластин инкрустации колеблется от 0.85 до 1.04 мм, краевые ламинированные пластины в 4 раза толще 3.85 – 4.0 мм.

На просвет рисунок этого прекрасного веера составляют темно коричневые или красновато-коричневые пятна и веерообразные лучи пигмента на полупрозрачном янтарном фоне. Пятна и лучи в черепаховом панцире расположены на разном уровне и немного варьируют по форме. Этот эффект получен в результате роста живого организма и повторить его в имитации почти невозможно. В отраженном свете веер становится почти непрозрачным и начинает доминировать темно коричневый цвет. Под микроскопом видно, что места концентрации пигмента агрегаты из мелких шариков, что отличает панцирь от пластмасс. В скрещенных николях черепаховый панцирь проявляет обычно агрегатную поляризацию, однако, пластинки веера давали слабую аномальную интерференцию в серых тонах, что возможно объясняется влиянием термической обработки или напряжением вязкой среды вокруг глобул пигмента. Реакция пластмасс отличается и довольно разнообразна. В пластинке инкрустации в поляризационном микроскопе удалось увидеть полигонального чешуйчатого строения.

Задача 3. Диагностика ритуальных чаш из рога носорога

Объектом исследования были две ритуальные чаши из рога носорога весом 350 и 605 гр. Размер чаш соответственно: 10x14.5x9 см и 21x11.5x12.5 см. Цвет красновато-коричневый к основанию переходящий в темно коричневый. Прозрачность, обычно высокая, зависит от концентрации пигмента меланина. Уд.вес 1.27 – 1.30. Чаши флюоресцировали тусклым голубоватым светом, как при длинноволновом, так и при коротковолновом излучении. Свечение было неоднородным, пятнистым.

Диагностическое значение имеют: форма и размеры (высота, окружность, диаметр чаши, длина вдоль выгнутого края); соответствие веса и окружности; веса и длины вдоль выгнутого края; удельный вес; тест прокаленной иглой. Но самым важным признаком является своеобразное анатомическое строение – плотно прижатые волосовидные трубочки в протеиновой матрице. Медулы трубочек выходят на поверхность в виде микроскопических наростов и их можно увидеть при увеличении и косом освещении на плоскостях перпендикулярных к волокнам. Своеобразное строение видно также на просвет и отражается на поверхности изделия из рога носорога в виде радиально расходящихся, волосовидных трещинок или занозистого излома.

Литература

Espinoza E.O and Mann M.J. Identification guide for ivory and ivory substitutes. 2nd edition. 38 pp. World Wildlife Fund and Conservation Foundation, Baltimore, 1991.

Hainschwang T. and Leggio L. The Characterization of Tortoise Shell and its Imitations. Gems & Gemology, Spring, V.XLII, 36-52, 2006:

Tobin L. Hieronymus, Lawrence M. Witmer, Ryan C. Ridgely. Structure of White Rhinoceros (*Ceratotherium simum*) Horn Investigated by X-ray Computed Tomography and Histology with Implications for Growth and External Form. JOURNAL OF MORPHOLOGY 2006267:1172–1176

ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

Бердичевский Е.Г.

bersev@mail.ru, Новгородский Государственный Университет имени Ярослава
Мудрого, Великий Новгород, Россия

Общепризнанная классификация эстетических характеристик поверхностей самоцветов отсутствует, что является серьезным препятствием в развитии геммологии. В данной работе предлагается вариант такой классификации, приемлемой для практического использования ювелирами, геммологами, маркетологами.

Множество эстетических показателей поверхностей, зависящих от свойств материалов, разбиты на три группы: показатели фактурности, показатели текстурности и показатели декоративности [1]. В табл. 1 приведены основные показатели фактурности поверхностей и варианты технологии их обеспечения.

Таблица 1 – Фактурность поверхности

Показатель фактурности	Варианты технологии обеспечения
Микрошероховатость	Шлифование кругами и лентами, полирование, электрохимическая обработка
Регулярный микрорельеф	Поверхностно-пластическая обработка инструментом с регулярным профилем, лазерное гравирование
Случайный микрорельеф	Виброобработка, пескоструйная обработка, магнито-образивная обработка
Фрактальный микрорельеф	3D-прототипирование, обработка на оборудовании с ЧПУ
Минибарельеф	Лазерное гравирование, 3D-прототипирование, химическое травление

Фактурность характеризует тактильно-зрительные свойства материала поверхности камня и зависит от плотности и величины микроискажений материала в поверхностном слое. Фактурность проявляется в мини- или микрорельефе на каменной поверхности. Для поверхностей, несущих эстетическую нагрузку, микрошероховатость характеризует такие свойства как зеркальность, матовость, глянецовость, бархатистость, шелковистость и т.д. Высота микрошероховатостей не превышает 100 мкм. При больших значениях микрошероховатости можно говорить о минирельефе.

Эстетичность регулярных и случайных минирельефов оценивается органолептически по эталонным образцам или с помощью экспертных методик.

Фрактальный микрорельеф – сравнительно новый показатель фактурности. Эти микрорельефы отличаются структурным самоподобием композиционных элементов, масштабной инвариантностью и топологической размерностью [2]. Фрактальный микрорельеф обладает высоким эстетическим потенциалом. Его можно наблюдать на поверхностях раскола хрупких материалов. Он подобен рельефу природных ландшафтов и строится с применением вычислительной техники. [3]. Оригинальные фрактальные фактуры можно воспроизводить на 3D-принтерах методом лазерного прототипирования.

К сложным фактурам относятся минирельефы, имеющие художественно-композиционное изображение. Это могут быть различные паттерны или сюжетно-смысловой рисунки. Такие фактуры уместно называть минибарельефами. У них рельефные элементы составляют не более 30% от общего объема.

Следующая группа показателей эстетических качеств поверхности – текстурность, под которой подразумевают результат преимущественной ориентации элементов материала камня, как материала. В геммологии изучается преимущественно натуральная текстура, являющаяся отражением природных свойств камня. Часто природную текстуру необходимо

вскрывать специальными приемами: доводкой, полированием, травлением и т.д. Воспринимается натуральная текстура как «поверхностный рисунок».

Последняя группа эстетических характеристик объединяется понятием «декоративность».

Декоративность поверхности камня можно определить как совокупность эстетических свойств, усиливающих эмоциональную выразительность художественного изделия. В структурном отношении декоративность выступает в двух качествах: как внутренняя декоративность, органически присущая композиции изделия, и внешняя декоративность, воспринимаемая как дополнительное украшение, как дополнительный эстетический рисунок. В геммологическом аспекте интерес представляет именно внешняя декоративность. При этом имеется в виду, что качество декоративности не абсолютно, а относительно. Оно заключается в отношениях объема и пространства, фактуры и фона, тона и фактуры [4].

Основные показатели декоративности поверхностей самоцветов представлены в табл.2.

Таблица 2 – Показатели декоративности поверхностей самоцветов

Показатель	Особенности
Блик	Нейтрализация бликов осуществляется технологиями, обеспечивающими матовость поверхности
Тональность	Комплексный показатель, зависящий от фактуры, текстуры, тона, тональных отношений, цветовой перспективы
Колорит	Доминирует ритмическая организация сочетаний локальных цветов

Блик является элементом светотени и представляет собой световое пятно на ярко освещенной глянцевой поверхности. Блик возникает вследствие зеркального или зеркально-диффузного отражения яркого источника света. Параметры блика можно оценивать бескомерами.

Тональность представляет собой одно из явственно видимых зрительных качеств поверхности камня. Тональность формирует «цветовое впечатление». Тональность поверхности – комплексный показатель декоративности и зависит от цветового масштаба, контрастности, фактуры и тоновых отношений. Своя цветовая тональность присуща любой внешней поверхности самоцвета.

Под колоритом подразумевается общая эстетическая оценка цветовых качеств художественного изделия из камня. В колорит входят характер цветовых элементов, их взаимосвязи, согласованности цветов и оттенков. Внешнее выражение колорита – красочность цветовых сочетаний на поверхности. Колорит тесно связан и является производной от тональности. Колорит в целом включает в себя и законы гармонии цвета, и явления цветовых контрастов и законы оптического смешения цветов.

Доминирующий метод сравнительной оценки колорита – экспертный.

Литература

1. Berdichevskiy E.G. Aesthetics of surfaces of art products // 5th International Conference on Science and Technology 22-28 June 2015 and 5th International Conference on the political, technological, economic and social processes. 23-29 June 2015. – London: Printed and Bound by Berforts Information Press Ltd, UK, 2015/ - P. 18-27
2. Mandelbrot, B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York US and Oxford UK: W.H. Freeman and Company. 1982
3. Бердичевский Е.Г., Алимова И.И., Бендерский Б.Я. Опыт использования фрактальной графики в ландшафтном дизайне.// Электронное научное издание «ДИЗАЙН. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА». –М.: ГОУВПО МГУПИ, 2011. - Вып. 9. С. 67-76.
4. Медведев В. Ю. Цветоведение и колористика: учеб. пособие (курс лекций). — СПб.: ИПЦ СПГУТД, 2005. — 116 с.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТИТАНА В ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Брусов А.А.

Artemjeweller@yandex.ru, МГРИ-РГПУ, Москва, Россия

Одним из испытанных способов демонстрации общественной значимости человека на протяжении долгих веков было использование дорогих ювелирных украшений — из драгоценных камней и металлов. Так было до 20-ых годов XX века — до времени, когда Коко Шанель занялась авторской бижутерией. Созданные нанятыми ей ювелирами украшения из недорогих материалов оставили на эпохе значительную метку. В наши дни получили большое распространение украшения из титана, отвечающие динамичной современной жизни.

По какой-то причине, почти нет источников как возникли ювелирные изделия из титана. Использование титана в ювелирных изделиях — это современное явление. У человеческой цивилизации не было с ним столько опыта обработки как с золотом и серебром, металлами известными с глубокой древности.

Титан был обнаружен в 1791 году, когда британский ученый-любитель Уильям Грегор, проанализировал состав магнитного железного песка из Корнуолла. В 1795 году австрийский химик Мартин Клапрот подтвердил находку Грегора, фактически открыл новый элемент. Клапрот назвал элемент «титан», в честь Титанов, первых сынов земли из греческой мифологии. Но еще долго титан оставался редким металлом, пока металлург Уильям Кролл не изобрел «Кролл-процесс» в 1940 году, метод, позволяющий производить титан в больших количествах. Сегодня титан используется во многих областях жизни человека: медицине для имплантов, авиа- и ракетостроение, спортивное оборудование, пигменты, коррозионно-стойкие промышленные компоненты, велосипеды, оправы для очков, часы и, конечно же, ювелирные изделия.

Главными минералами больше всего содержащими титан являются: рутил (TiO_2 ; Ti — 60%) и ильменит (FeTiO_3 ; Ti — 31,6%). Месторождения бывают нескольких типов — собственно магматические, осадочные, метаморфогенные. Основные месторождения титана в России — Ягерское, Кручининское, Большой Сейим, Медведевское, Копанское.

Первые титановые украшения начали продаваться в США начале 1990-х годов. Для опытных дизайнеров-ювелиров, которые сделали переход на титан, это был рискованный шаг. С одной стороны, существуют тысячи лет ювелирной традиции с использованием общеизвестных материалов, как золото и серебро и гарантированный спрос на них. С другой — совершенно новый металл, о котором мало кто знал. Был пройден большой путь проб и ошибок, технологических сложностей обработки, открыт магический процесс анодирования титана всеми «цветами радуги».

Эти трудности были преодолены в силу того, что, титан имеет особые свойства — легкий, прочный, коррозионноустойчивый, физиологически инертный. По внешнему виду изделия из титана массивные. Кольца, серьги, браслеты весят легче, чем золотые или платиновые украшения из-за низкой плотности титана — 4,505 г/см³. Вес титановых изделий в 3 раза меньше, чем стальных. Титан прочен, устойчив к царапинам, вмятинам и прочим повреждениям. Изделия не подвержены воздействию моющих и косметических средств, и имеют высокую коррозионную стойкость, особенно против кислорода. Что очень, важно титан не оставляет следов на коже и не вызывает аллергические реакции и очень приятно соприкасается с поверхностью эпидермиса.

Титановые украшения не требуют ежедневного ухода, легко поддаются чистке. Несмотря на неприхотливость металла, изделия из него нельзя назвать грубыми. В зависимости от стилистики могут создаются брутальные мужские коллекции, нежные и изящные комплекты для женщин, легкие и безопасные в носке для аллергиков. Ювелирные украшения из титана — это стильные и надежные изделия, неподвластные моде.

В ювелирном деле титан стали использовать для изготовления обручальных колец, серег, украшений для пирсинга и мужских аксессуаров. Его обработка является довольно

сложной и затратной, требует определённых знаний и навыков у мастера, поэтому созданием украшений из титана занимается далеко не каждый ювелир. Такой простой процесс как литье драгоценных металлов с титаном очень сложен и возможен только на больших предприятиях. Поэтому в основном используется ручная обработка. Совсем недавно появилась технология 3d печати на основе титанового порошка. Но пока это малораспространенная и дорогостоящая технология.

Изделия из титана стоят дешевле, чем из золота. Хотя сам металл стоит недорого, но для его обработки нужно иметь дорогое оборудование. Это образует большую часть цены изделия. Так же на стоимость может сильно повлиять сложность работы с титаном, трудозатраты и использование дорогих материалов для отделки изделия.

В XXI веке многие известные ювелирные бренды стали изготавливать украшения из титана. Среди именитых брендов-поклонников титана значатся Wallace Chan, Chopard, Suzanne Syz, GlennSpiro, Faberge, de Grisogono и другие. У титана есть одно особое свойство: при анодировании или нагреве он может менять свой цвет. В чистом виде это серый металл, но после обработки он может приобрести различные оттенки синего, лилового, зелёный, желтый, красный и даже черный. Ювелирные дома используют эту особенность в создании своих уникальных коллекций.

Самый знаменитый, живой классик ювелирной миниатюры — китаец Уоллес Чан. Его бренд Wallace Chan сегодня является одним из самых дорогих в мире. Свои произведения Чан создаёт из титана с добавлением золотых элементов. Вся палитра драгоценных и поделочных камней, разнообразных цветов и оттенков, использована мастером сполна. Мастер изготавливает из титана настоящие произведения искусства в виде цветов, насекомых, рыб и т.д. Свои работы Чан называет «носительной скульптурой» и в 2007 году запатентовал особую технику окраски титана, назвав её Titanium Jewelry.

Многие другие известные ювелирные бренды время от времени используют в своих украшениях титан. Швейцарский бренд Chopard активно в одной из последних коллекций Fleursd'Opales тонкие изогнутые лепестки одного из колец сделаны из титана, а в центре находится крупный австралийский черный опал, окруженный крошечными бриллиантами. В другом кольце-цветке лепестки покрыты аметистами и сиреневыми сапфирами, а титан, используемый как основа, окислен до получения такого фиолетового оттенка, чтобы быть практически незаметным на фоне камней.

Умение сочетать традиционный подход и новые технологии бренд демонстрирует в своей последней коллекции Haut Joallerie. Её основу составляют три браслета-манжеты. Они выполнены из титана и инкрустированы разноцветными драгоценными камнями.

Британский ювелирный дизайнер Гленна Спайро (Glenn Spiro) работал с титаном в своей свадебной коллекции I Do эксклюзивно для Harrods. Дизайн бриллиантовых обручальных колец остался классическим, за исключением нетрадиционного металла, придающего украшению долговечность, прочность, а также действительно обширную палитру ярко-синих, розовых оттенков и цвета коньяка.

По мнению автора, титан современный материал, в будущем с развитием и удешевлением технологий, облегчающих его процесс обработки будет в одном ряду с драгоценным металлом. Он не только улучшает вид крупных украшений, делая их менее громоздкими, но прекрасно подходит и для небольших ювелирных изделий, таких, как гладко профильные кольца с инкрустацией и кольца с небольшими оправками для повседневного ношения. Титан сочетается с различными вставками: металл, камень, дерево, керамика, карбон и т.д. С этим металлом можно делать ювелирные изделия более тонкими, уделяя больше места инкрустациям и вставкам.

Титан действительно обладает рядом существенных и заманчивых достоинств. Однако для того, чтобы взяться за работу с ним и начать использовать его в своих украшениях, мастеру придется проявить смелость и упорство. Хотя сегодня нарушение ювелирных традиций стало настоящим трендом.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МАЛАХИТА

Бубликова Т.М., Балицкий В.С., Сеткова Т.В.

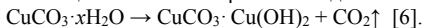
tmb@iem.ac.ru, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экспериментальной минералогии Российской академии наук, г. Черноголовка, Россия

Определение условий кристаллизации основного карбоната меди выполнялось в рамках работ по поиску методов получения синтетического малахита. В последние годы прошлого столетия добыча ювелирно-поделочного малахита на знаменитых Уральских месторождениях прекратилась в связи с их практически полной выработкой. Добыча малахита одного из недавно открытых месторождений Чокпак (Казахстан), вероятно, невелика, и на российский рынок он поступает в очень ограниченных количествах. В последние десятилетия наша страна была вынуждена импортировать африканский малахит, хотя по красоте рисунка и качеству он существенно уступает уральскому. Совершенно очевидно, что природный малахит никогда не утратит своей эстетической и культурно-исторической ценности. Тем не менее, в сложившихся условиях его дефицита возникла задача необходимости получения синтетического малахита, не уступающего по своим художественно-декоративным качествам и свойствам природному малахиту. Исследования, направленные на решение этой задачи, проводились в ЛГУ (г. Санкт-Петербург) [1], во ВНИИСИМС (Мингео, г. Александров) и ИЭМ РАН (г. Черноголовка) [2].

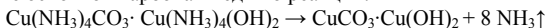
Для решения указанной задачи было необходимо изучить физико-химические условия образования малахита в природе, экспериментально исследовать поведение его в растворах различного состава и определить термобарические параметры процесса синтеза. Поскольку наибольший интерес для нас представлял вопрос устойчивости основного карбоната меди, а также сопутствующих ему фаз – азурита и тенорита, были рассмотрены системы, в которых условно образование этих фаз. В одной из ранних работ Р. Гаррелс и Ч. Крайст [3] рассчитали диаграмму устойчивости соединений меди как функцию P_{O_2} и P_{CO_2} , используя данные свободных энергий Гиббса. Результаты расчетов показали, что при атмосферном давлении и температуре 25°C малахит устойчив при значениях $\lg P_{O_2} > -39$ в интервале значений $\lg P_{CO_2}$ от -3.8 до -2.5 . Повышение давления CO_2 приводит к замене малахита на азурит, а уменьшение – на тенорит и куприт. Следовательно, при значениях парциального давления кислорода и углекислого газа, близких к приповерхностным, малахит является более устойчивым минералом, чем азурит, что хорошо согласуется с их соотношениями в природных условиях. Расчет полей устойчивости этих же фаз как функция концентраций CO_3^{2-} и HCO_3^- , произведенный Б. Винком, показал, что осаждение малахита из медьсодержащих растворов происходит при $pH = 6.95-7.59$ для $P_{CO_2} = 10^{-3.45}-10^{-6}$ ат, а азурита – при $pH = 6.13-6.95$ для $P_{CO_2} = 10^{-1}-10^{-3.45}$ ат [4]. Важными для нашего поиска оказались также данные по растворимости малахита в смешанных бикарбонатно-карбонатных растворах, полученные Д. Шляпниковым и Э. Штерном [5]. Их исследования показали, что при повышении температуры до 200°C содержание меди в растворе незначительно отличается от величин, найденных для тех же растворов при комнатной температуре, и также возрастает с увеличением концентрации бикарбоната. Это свидетельствует об устойчивости карбонатных комплексов меди в указанных растворах при повышенных температурах. Увеличение давления углекислого газа при тех же 200°C приводит к уменьшению содержания растворенной меди, и выпадению части ее в виде сферолитов малахита или порошковой массы двойного бикарбоната меди.

Непосредственно синтез тонкокристаллического порошкообразного малахита – основного карбоната меди – осуществляют, как правило, методами химического осаждения. Наиболее широкое использование нашли методы, в которых поток водного раствора соли меди (сульфат, нитрат, хлорид) смешивают тщательно и непрерывно в зоне реакции с потоком водного раствора карбоната натрия или калия, карбоната щелочного металла и гидроксида или бикарбоната. Соли берутся в количествах, позволяющих достичь pH смеси

от 5.5 до 8.0. Температура поддерживается на уровне 45 – 95 °С. В результате смешивания растворов образуется голубой желеобразный осадок – аморфный гидратированный карбонат меди: $\text{CuCO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. При последующем старении осадка происходит отщепление части CO_2 и кристаллизация основного карбоната меди согласно реакции:



Порошкообразный основной карбонат меди получают также путем растворения металлической меди или окиси меди в водном растворе аммиака (10-25%) при температуре 40-60 °С с одновременным пропусканием через раствор углекислого газа или воздуха до образования аммиачного карбоната меди. При этом содержание меди в растворе составляет 100-140 г/л [7]. Полученное соединение разлагают путем нагревания до 80-90 °С, и получают в итоге основной карбонат меди по реакции:



Анализ литературных данных и наши теоретические расчеты фазовых равновесий в водных медно-карбонатных системах [2] показали, что водно-аммиачные растворы могут быть приемлемыми растворителями для малахита и обеспечивают при определенных парциальных давлениях углекислого газа и температурах до 100 °С достаточно широкие поля его устойчивости. В связи с этим было проведено экспериментальное изучение кинетики растворения основного карбоната меди в 1.0, 2.0 и 3.0 М аммиачных растворах при температурах 20 - 75 °С. Опыты показали, что равновесные содержания меди в растворах аммиака увеличиваются с ростом концентрации аммиака и уменьшаются с повышением температуры. Медно-аммиачные комплексы, обуславливающие высокую растворимость малахита, теряют устойчивость с ростом температуры. Разность концентраций растворенной меди может составлять 30 - 35 % в 3.0 М растворах NH_4OH при понижении температуры с 75 до 20 °С. Вместе с этим, содержание меди в 2.0 и 3.0 М аммиачных растворах при температуре 20 °С достигает высоких значений: 31.5 и 50.0 мг/мл соответственно [2]. Данные обстоятельства предопределяют возможность осуществления процессов перекристаллизации малахита в указанных растворах в условиях обратного температурного градиента и целесообразность выбора такой методики синтеза малахита, при которой растворение шихтового материала происходило бы при более низкой температуре, чем его кристаллизация. Именно на основе этих данных во ВНИИСИМС Мингео СССР (г. Александров) и ИЭМ РАН (г. Черногоровка) были разработаны два метода получения синтетического поделочного малахита – в открытой (проточной) и закрытой (рециркуляционно-испарительной) системах.

Литература

1. Петров Т.Г. Мошкин С.В., Жоголева В.Ю. Сравнительное изучение морфологических и физико-химических характеристик синтетического и природного малахита // Труды ленинградского общества естествоиспытателей. Л. 1986. Т. 79, вып. 2. С. 142-151.
2. Бубликова Т.М., Балицкий В.С., Тимохина И.В. Синтез и основные свойства ювелирно-поделочного малахита. Синтез минералов. 2000. Т. 1. С. 502-532.
3. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. М: Мир. 1968. 367 с.
4. Vink B.W. Stability relations of malachite and azurite // Mineralogical Magazine. 1986. V. 50. P. 41 – 47.
5. Шляпников Д.С., Штерн Э.К. Растворимость малахита в системах $\text{Na}(\text{K})\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ и $\text{NaCl-H}_2\text{O-CO}_2$ в гидротермальных условиях // Докл. АН СССР. 1972. Т. 207. № 4. С. 966-969.
6. Оратовский В.И., Скроботун В.Н. и др. Способ получения основного карбоната меди // Авт. Свидетельство № 471306. - Заявл. 14.09.75. - Оpubл. 03.09.75.
7. Козлов Л.И., Аксенов Н.Н., Соболевский В.С. Способ получения основного карбоната меди. Пат. № 2328661 (Франция). Заявл. 21.10.1975 г. Оpubл. 20.06.1977 г.

ФУТУРОЛОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АУДИОЗАПИСИ

Войтюк А.А.

alena_vojtuk@mail.ru, ИРНИТУ, Иркутск, Россия

Идеи футуризма, зародившиеся в 1910 – 1920-х годах, в значительной степени повлияли не только на изобразительное искусство XX века, но и на развитие декоративно-прикладного искусства, в том числе и на ювелирное искусство. Эти идеи получили продолжение я с началом эпохи освоения человеком космоса. Концепция «космического стиля» отразилась на пластике и художественном образе костюма, вызвав переворот в индустрии моды.

Футуристические тенденции начала третьего тысячелетия воспринимаются потребителем уже как вполне обыденное явление. Так, например, ювелирное искусство, обладая высокой степенью преемственности, развивается сегодня в поле взаимодействия художественного наследия золотых дел мастеров прошлого и футуристических идей будущего. [1]

Сегодня футуродизайн – сложившееся направление в дизайне, ориентированное на разработку перспективных тенденций. Многие изобретения, представленные когда-то в эскизной или концептуальной разработке, ранее считавшиеся фантастическими, сегодня, благодаря техническому прогрессу, внедрены и активно используются. Футуродизайндизайн позиционируется как дизайн мышления, позволяющий создать не сам продукт, а видение его будущего, порой связанное с перемещением из сферы рационального в сферу иррационального. [2]

В настоящее время большое значение приобретает анализ концепций дизайна, построенных на принципах когнитивной психологии. Когнитивная психология акцентирует процесс получения человеком информации о мире, ее отражение в сознании, хранение в памяти и преобразование в знания и поведение.

Среди современных теоретиков дизайна, использующих законы когнитивной психологии в своей работе, наибольшее внимание привлекают Д.Норман, С.Круг, И.Маркотт. Перспективность работ этих авторов обусловлена тем, что принципы когнитивной психологии рассматриваются ими на основе новой парадигмы в дизайне. Речь идет о концепциях «эмоционального дизайнера», «отзывчивого дизайнера», которые развивают новую философию и стратегию дизайнерского проектирования, предлагая рассматривать эмоции пользователя в качестве существенного критерия.

Следует также подчеркнуть, что «эмоциональный дизайн» - достаточно новое направление, и работы его представителей, опубликованные на русском языке, пока малочисленны. [3]

Как утверждают В.Л. Жуков и А.М. Смирнова: «Развитие nano-, био-, инфо- и когнитивных технологий и их оптимальное пропорциональное соотношение может создавать новые инсайты в дизайне. Когнитивные информационные системы в дизайне необходимы для поиска новых гипотез, проектирования объектов дизайна. Потребность в них становится всё более необходимой».

Широкое внедрение когнитивных систем в ближайшем будущем способно изменить сами принципы работы с художественно-эстетической информацией, подобно тому, как, радикально изменило жизнь внедрение персональных компьютеров. Эти технологии неизбежно связаны с процессами гибридизации и с созданием ювелирных изделий с качественно новыми функциональными свойствами». [4]

Наиболее перспективным направлением в футуродизайне ювелирных изделий является проектирование украшений, содержащих компоненты «носимой электроники». Первым украшением с использованием «носимой электроники» стали наручные часы. Сейчас они обладают возможностями калькулятора, телефона, MP3-плеера и т.д.

Также очень популярны наушники, MP3-плееры, флэш-накопители, кольца-напоминания, кольца с функцией оплаты и т.д.

Как правильно отмечает Кавазоглы В. Р. «...нужно, отметить, что большинство описанных выше аналогов по сути представляют собой продукты индустриального, а не ювелирного дизайна, поскольку выполнены не по ювелирной технологии, а, следовательно, не являются в полной мере ювелирными украшениями. Кроме того, внедрение высоких технологий в данные изделия имеет целью наделить их определенной полезностью. В этом есть рациональный смысл, поскольку полезность – основная задача современных технологий».

Автором данной статьи был предложен еще один способ синтеза ювелирных украшений и современных технологий, для изготовлений которых требуются ювелирные техники. Этот способ заключается в создании текстуры визуализированного аудиопотока на ювелирном украшении, который будет сохранять и доступно доносить (воспроизводить) заложенный в ней смысл. Эта текстура может являться как формообразующей основой, так и дополнительный способ декорирования ювелирных украшений. При этом дизайн изделия будет основываться на настроении, заданном музыкальным произведением или голосовым сообщением, с применением иных технологий декорирования изделий

При помощи специального программного обеспечения пользователь может записать любое музыкальное произведение или голосовое послание, длительностью 10 секунд на смартфон. После чего, полученная в результате спектрограмма, в виде цифрового изображения, может быть нанесена на поверхность металла, керамики, пластика и других материалов и воспроизведена с помощью этого же приложения на смартфоне или другом устройстве.

Эта технология находится в процессе доработки, на данный момент выполнено несколько прототипов, давших положительный результат. В дальнейшем планируется внедрение данной технологии в производство.

Список литературы

- 1) [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.6carat.ru/ru/library_140.html – Ювелирные украшения будущего. – (Дата обращения: 01.02.2018)
- 2) Фалько В. П. Футуродизайн – инновационная профилизация [Текст] / В. П. Фалько, А. В. Степанов, Е. Ж. Шуплецова // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 20-й Всерос. науч.-практ. конф., 22–23 апр. 2015 г., г. Екатеринбург / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. — Екатеринбург, 2015. — Т. 1. — С. 162–165. — Библиогр. в конце ст.
- 3) Новикова, Е.Ю. когнитивная психология в дизайне / Е.Ю.Новикова // Дизайн. Теория и практика. — 2013. — № 13. — С. 63–67.
- 4) Жуков, В.Л. Дизайн как процесс (метод) построения метафор – сложных организационных художественно-эстетических, технических структур, возникающих в ходе цивилизационных кризисов в контексте универсальной истории в эволюции мировой культуры (ювелирные изделия с нанoeлектронными компонентами) [Текст] / В.Л. Жуков, А.М. Смирнова // Технология художественной обработки материалов. Сборник трудов XVIII Всероссийской научно-практической конференции и смотра-конкурса творческих работ студентов, аспирантов и преподавателей по направлению. Костромской государственный технологический университет; Под редакцией С.И. Галанина. – 2015. — С. 596-599.
- 5) Кавазоглы, В.Р. Футуропроектирование ювелирных изделий. Интеграция нанотехнологий и микроэлектроники [Текст] / В.Р. Кавазоглы // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – 2010. – Т. 15. № 3. — С. 70-81.
- 7) Войтюк, А. А. Визуализация цифровой аудиозаписи в дизайн текстуры ювелирных изделий и сувенирной продукции/ А.А. Войтюк// XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле/ МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе. – 2017. – С. 190-191. ISBN:978-5-900941-34-9

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОГО АБРАЗИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С УЧАСТИЕМ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ ГРУППЫ КВАРЦА

Казьмина К.В., Ахметшин Э.А.

4966945@mail.ru, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Одним из важнейших этапов обработки кристаллических материалов оптической, электронной, ювелирной промышленности является процесс шлифования. По литературным данным шлифование – процесс массового скоростного микрорезания (царапания) поверхностных слоев твердых тел большим числом мельчайших шлифующих зерен, сцементированных в инструмент с помощью связки [1]. Однако на практике наблюдается несоответствие этого определения механизму разрушения при шлифовании металлов и хрупко разрушаемых материалов. Обзор современных иностранных и российских публикаций не дает исчерпывающего ответа на вопрос, как протекает процесс шлифования хрупко разрушаемых материалов, так как большинство авторов рассматривает его с позиции теории пластической деформации, что в корне неверно. Поэтому процесс шлифования хрупко разрушаемых кристаллических материалов требует отдельного, глубокого изучения.

Помимо изучения непосредственно механизма шлифования, необходимо оценить влияние на него различных факторов. На сегодняшний день недостаточно исследовано влияние таких факторов, как нагрузка, скорость вращения инструмента, природа и свойства смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ) и др. Исследования по изучению механизма шлифования хрупко разрушаемых материалов и влияния на него различных факторов представлены в статьях [2,3,4].

Чтобы разобраться в том, как происходит разрушение твердого тела при шлифовании необходимо детально изучить единичный акт царапания. Целью работы было наблюдение элементов разрушения твердого тела после элементарного абразивного воздействия как с участием СОЖ, так и без него. Объектом изучения в экспериментальной части работы была царапина, образованная при вдавливании и волочении индентора с алмазным наконечником по поверхности монокристаллического кварца при фиксированной нагрузке с постоянной скоростью. Исследования проводились на кафедре химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Эксперименты проводились на прямоугольных образцах кварца, ориентированных по z-сечению, двух видов: полированные и шлифованные на планшайбе с металлоорганической связкой с размером зерен абразива 20/14, которая фактически не оставляет структурно-нарушенного слоя, сформированного на предыдущих стадиях. Выбор разных типов поверхностей образцов обусловлен тем, что характер поверхности существенно влияет на ее смачиваемость СОЖ и скольжение индентора по поверхности. После образцы царапались индентором в присутствии СОЖ разной химической природы: дистиллированной воды, этанола (95%), раствора электролита ($ZnSO_4$ 1%) и минерального масла.

Царапины получали путем вдавливания и волочения индентора по поверхности при фиксированной нагрузке и с постоянной скоростью. Затем образцы изучались на оптическом микроскопе и с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). При $\times 100$ увеличении рассматривались небольшие участки царапины (~1 мм), на которых наблюдались оперяющие трещины, радиально расходящиеся от основной царапины, которые повторяются с определенным для каждого образца шагом. Это может свидетельствовать о том, что процесс образования основной, магистральной трещины протекает дискретно. По всей видимости, это связано с тем, что до момента, когда значение напряжения достигнет величины, равной пределу упругости, будет происходить упругая деформация, а при его достижении произойдет разрушение. Так как разрушение твердого тела осуществляется только при условии наличия нагрузки и волочении индентора, твердость которого превышает обрабатываемого материала, то такой процесс нагружения и «разрядки» будет происходить многократно и дискретно.

Основной целью проведения СЭМ было наблюдение элементов разрушения кристаллической структуры после оказания элементарного абразивного воздействия на поперечном и продольном сколе. На изображениях поперечных сколов вокруг царапин наблюдались структурно-нарушенные области (СНО), образованные в процессе воздействия индентора. Они представляют собой радиальные трещиноватые зоны вокруг выхода царапины. На снимках продольных сколов эти трещины имеют дугообразную форму и так же, как и оперяющие трещины на снимках с оптического микроскопа, повторяются с некоторой периодичностью. Глубина и характер трещиноватой области для каждого образца отличаются, как в зависимости от качества поверхности образца, так и в зависимости от состава СОЖ. СНО вокруг трещины, формируемая на образцах, которые были отполированы, менее разветвленная и имеет меньшую глубину, чем на тех, которые были шлифованы на планшайбе с металлоорганической связкой с размером зерен абразива 20/14.

Наблюдаемая картина реального процесса разрушения принципиально отличается от представлений, описанных в литературе. Можно утверждать, что процессы механической обработки металлов и неметаллов кардинально различаются: металлы шлифуются путем микрорезания, так как проявляют пластические свойства, тогда как обработка хрупко разрушаемых материалов происходит за счет скалывания частей материала с поверхности. Кроме того, очевидно, что СОЖ оказывает особое влияние на механизм разрушения в процессе вдавливания и волочения индентора по исследуемому образцу, так как в зависимости от состава СОЖ наблюдается определенная периодичность оперяющих трещин, различная глубина и характер трещиноватости СНО. Влияние состава СОЖ на механизм разрушения хрупких материалов при шлифовании более подробно рассмотрено в статье [4].

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. При единичном абразивном воздействии оперяющие трещины, расходящиеся поперек направления волочения, образуются с некоторой периодичностью, что указывает на дискретный характер образования основной, магистральной трещины.

2. В зависимости от состава и природы СОЖ будут меняться глубина и характер СНО, формируемой при абразивном воздействии. Так при использовании воды в качестве СОЖ в нашем случае образовалась трещиноватая область, имеющая глубину в 1,75 раз большую, чем при использовании минерального масла.

3. На глубину и трещиноватость СНО вокруг царапины оказывает влияние не только состав СОЖ, но и качество обрабатываемой поверхности. Так на отполированных образцах при элементарном абразивном воздействии СНО вокруг трещины имеет меньшую глубину и разветвленность, чем область, формируемая на шлифованных образцах.

Литература

Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. М., «Машиностроение», 1974, 320 с.

Казьмина К.В., Ахметшин Э.А. «Изучение факторов, влияющих на параметры структурно-нарушенного слоя, формируемого в процессе шлифования ювелирных камней группы кварца». VIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых - ученых «Молодые – наукам о Земле», Москва, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе МГРИ-РГГРУ, 5-7 апреля, 2016 г. Материалы конференции. МГРИ-РГГРУ – М.2016

Казьмина К.В., Ахметшин Э.А. «Оптимизация процесса шлифования ювелирных камней группы кварца с использованием различных смазывающе-охлаждающих жидкостей». XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле» (Москва : Российский государственный геологоразведочный университет, 5-7 апреля, 2017 г.): в 2 т.: доклады / ред. коллегия: В.И. Лисов, В.А. Косьянов, О.С. Брюховецкий. – Т. 1. – М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. – 516 с.

Казьмина К.В., Ахметшин Э.А. «Влияние состава смазывающе-охлаждающих жидкостей на характер шлифования монокристаллического кварца»//Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXX, № 3 (172). – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 152 с.

ПРИРОДА ВКЛЮЧЕНИЙ ТИПА «КОНСКИЙ ХВОСТ» В УРАЛЬСКИХ ДЕМАНТОИДАХ

^{1,2}Кисин А.Ю., ¹Мурзин В.В.

kissin@igg.uran.ru ¹Институт геологии и геохимии УрО РАН, ²Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

При описании демантоида (ювелирная разновидность андрадита) в геммологической литературе обязательно отмечаются волосовидные включения, расходящиеся пучками из центральной части зерна к его периферии и получившие название «конский хвост». Они распространены в демантоидах почти всех месторождений мира и являются ключевым тестом при диагностике самоцвета. Включения типа «конский хвост» впервые были обнаружены во второй половине 19-ого века в уральских демантоидах и с тех пор не прекращается дискуссия, каким минералом они представлены: биссолитом (актинолит-асбестом) [9] или хризотилом (хризотил-асбестом) [1, 9]. В 1992 г. Э. Гюбелин (Gübelin E.J.) сообщил, что ему удалось диагностировать эти включения рентгеноструктурным методом и определить их химический состав: это оказался хризотил. Но почему так долго длилась дискуссия, когда эти включения достаточно крупные и иногда видны невооруженным глазом? Авторам довелось изучать некоторые уральские месторождения демантоида [2, 5, 6, 8], результаты которых частично публиковались раньше [3, 6] и приведены в докладе.

Уральские демантоиды редко имеют хорошо выраженные кристаллографические очертания. Обычно они представлены зернами с округлой неровной, шагреневой поверхностью. Реже наблюдаются плохо выраженные грани ромбододекаэдра и очень редко хорошо ограненные кристаллы. Весьма характерны почковидные образования, состоящие из множества мелких зерен с резко выраженным увеличением размеров к ее периферии.

Включения типа «конский хвост» представлены волосовидными образованиями различной величины, собранные в веерообразные или сноповидные агрегаты, расширяющиеся к периферии зерна. Близко расположенные включения образуют более крупные и плотные образования. При раскалывании зерна по таким группам включений часто обнаруживаются поверхности с мелкими канавками на месте волосовидных образований и с перпендикулярной к ним грубой индукционной штриховкой. В ювелирных вставках, на выходе волосовидных включений на поверхность грани - они окрашены в темно-серый цвет и теряют прозрачность. При облагораживании демантоида высокотемпературным отжигом - включения типа «конский хвост» окрашиваются в черный или темно-коричневый цвет. Под микроскопом в поляризованном свете данные включения оптически изотропны. Фазовый рентгеноструктурный анализ зерен демантоида обогащенных волосовидными включениями показывает только демантоид.

В редких случаях в центре зерна обнаруживается полость, от которой расходятся волосовидные образования. Морфология полостей очень сложная и напоминает форму полостей в фосфоритовых конкрециях. Капля воды, помещенная в полость, быстро всасывается в камень, что говорит о наличии весьма эффективной капиллярной системы, какую могли создать только трубчатые включения. В зернах демантоида из россыпей трубчатые включения часто окрашены гидроксидами железа в красно-коричневый цвет, которые иногда проникают даже в центральную полость. Иногда в центре зерна наблюдается черный рудный минерал, представленный либо магнетитом, либо хромитом, от которого начинаются волосовидные включения. На Каркодинском месторождении встречаются зональные, фантомные кристаллы демантоидов. Включения типа «конский хвост» часто начинаются с поверхности такого фантома. Исследования свежих сколов зерен демантоидов с помощью электронного микроскопа JSM - 6400 (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар. Оператор В.П. Филиппов) и сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV фирмы Jeol с энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 (ЦКП «Геоаналитик» ИГТ УрО РАН) подтвердили данные выводы и показали морфологию

трубчатых образований в продольном и поперечном сечении. Только в единичных случаях наблюдались нитевидные минеральные включения (не идентифицированные). На одном снимке наблюдалось одно тонкое волосовидное включение, выходящее из многократно превышающего его по толщине трубчатого образования. По внешним признакам оно может быть биссолитом или хризотил-асбестом. Судя по его комфортному нахождению в полости, оно может быть сингенетичным минералу-хозяину. Но не эти единичные волосовидные минералы толщиной в доли микрона видны в демантоидах как включения типа «конский хвост», а достаточно крупные трубчатые полые образования.

Как могли возникнуть трубчатые образования типа «конский хвост»? Они не могли появиться в результате растворения биссолита или хризотила, поскольку последние без следов растворения присутствуют в материале выполнения минерализованных зон вместе с демантоидами и обычно обволакивают их агрегаты. Наличие индукционных поверхностей указывает на то, что это ростовые образования. Агрегаты зерен демантоидов часто имеют слабо выраженные грани кристалла, что также указывает на их специфический рост. Наблюдались и кристаллы демантоидов типа «трапич». Вероятней всего, трубчатые включения типа «конский хвост» возникли в результате трансляции дефектов при росте кристалла. Однако, как биссолит, так и хризотил или какие-либо другие минералы, вероятно, могут частично или полностью заполнять их, поскольку здесь не существует проблемы пространства. На руч. Хризолитка демантоиды иногда сопровождают жилы актинолита до 7 см мощностью. Зерна демантоидов в минерализованных зонах в диалагитах обычно находятся в агрегатах амфибол-асбеста, а в зонах среди серпентинитов – обволакиваются минералами группы серпентина [2].

Выводы. Включения типа «конский хвост» в уральских демантоидах представлены трубчатыми полыми образованиями, иногда содержащими иглы биссолита или хризотила. Появление включений типа «конский хвост» в демантоиде обусловлено спецификой роста его кристаллов и трансляцией дефектов.

Литература

1. Александров А.И. Демантоид - хромсодержащий андрацит из Елизаветинской Бобровки (Средний Урал) // Минералогия и петрография Урала. Тр. Свердловского горного института. Вып.106, 1975. С. 140-145.
2. Кисин А.Ю. К геологии и минералогии Полдневского месторождения демантоида // Мат-лы к минералогии Урала. Информ. мат-лы. Свердловск: УрО АН СССР. 1990. С. 101-105.
3. Кисин А.Ю., Мурзин В.В. Волосовидные включения в демантоиде: что это? // Ежегодник-96. ИГГ УрО РАН, Екатеринбург, 1997. С. 113-115.
4. Корнилов Н.И., Солодова Ю.П. Ювелирные камни. М.: Недра, 1986.
5. Мурзин В.В., Кисин А.Ю., Мамин Н.А. Проявления демантоида в альпинотипных гипербазитах Верхнейвинского массива (Ср. Урал) и их генезис // Ежегодник-2002/ИГГ УрО РАН: Информ. Сб. науч. Тр. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 211-215.
6. Мурзин В.В., Кисин А.Ю., Мамин Н.А., Семенкин В.А. Демантоид проявлений Верх-Нейвинского массива альпинотипных гипербазитов на Среднем Урале // Минералогия Урала. Т. 1. Общие вопросы минералогии и кристаллографии: Научное издание. Миасс: Имин УрО РАН, 2003. С. 85-91.
7. Gübelin E.J., Koivula J.I. Photoatlas of Inclusions in Gemstones. ABC Edition, Zurich, 1992, 532 p.
8. Murzin V.V., Mamin N.A., Kissin A.J., Demchuk I.G. Demantoid garnet mineralization of the Verh-Neivinskii alpinotype ultramafic intrusion (Urals) // Intergems-95. Turnov, 1995, p. 38-41.
9. Phillips Wm. R., Talantsev A.S. Russian Demantoid, Czar of the Garnet Family//Gems and Gemology, Vol.32. № 2. P. 100-111.

УНИКАЛЬНЫЕ АЛМАЗЫ РОССИИ

Коногорова Д.В.¹, Криулина Г.Ю.², Гаранин В.К.³

¹ diana-96perm@mail.ru, МГУ, Москва, Россия

² galinadiamond@gmail.com, МГУ, Минералогический музей им.А.Е. Ферсмана

³ vgaranin@mail.ru, МГУ, Минералогический музей им.А.Е. Ферсмана

Алмазам уникальным по внешнему облику: окраске, массе, форме присваивают имена. Как правило, такие кристаллы имеют очень высокую стоимость и принадлежат сокровищнице страны. Именные алмазы — это венец добывающей промышленности. В России наиболее ценные образцы стараются сохранить не ограниченными. Именные алмазы всегда оценивались поштучно целым коллективом экспертов. При этом учитывались такие их характеристики, как необычный цвет и форма, а также чистота и отсутствие дефектов. Однако одним из основных критериев был вес камня — более 10,8 карата. В первые годы разработки якутских месторождений имена давали камням весом более 15 каратов. Однако, когда таких алмазов стали находить по несколько десятков в год, было решено "поднять планку" до 50 каратов. Это условие действует и сегодня. Именные алмазы чаще всего называют в честь великих событий. Среди алмазов крупнее 100 каратов у половины — такие имена. В Советском Союзе их обычно называли в честь годовщины Октября, съездов КПСС и ВЛКСМ. Так, найденному в 1989 году алмазу весом 320,65 карата хотели дать имя "Нерушимый Советский Союз", но "нерушимый" оказался обломком более крупного камня, да к тому же надтреснутым, и его назвали "Александр Пушкин". За 40 лет разработки якутских месторождений имена получили более 200 алмазов. Компания АЛРОСА в своих источниках отмечает, что в последние годы количество крупных кристаллов возрастает. Так за 2016г компанией АЛРОСА было добыто 7 уникальных кристаллов массой от 51,5 до 235,65 карат (в основном в трубках Юбилейная и Ботубинская).

Именные алмазы уникальны по своим внешним характеристикам, однако они представляют огромную ценность с точки зрения науки для изучения закономерностей образования и размещения в алмазоносных породах. К сожалению, у минералогов нет возможности изучения внутренних особенностей данных кристаллов, тем не менее, на сегодняшний день имеются данные о времени и месте их добычи, что позволяет сделать предположения о закономерностях формирования, наличии и распределении особо крупных алмазов в месторождениях.

Современные исследователи (Богатиков и др., 2010; Кононова, 2009, 2011; Костровицкий, 2009; Третяченко, 2008; Гаранин и др., 2009; и др.) при выделении разновидностей кимберлитов отдают предпочтение индикаторной роли TiO_2 . В основе общей классификации кимберлитов (Богатиков и др., 2007, 2010) лежит разделение кимберлитов на три петрогеохимических типа, условно названных низко-титанистыми ($TiO_2 < 1,0$ мас.%) (НТТ), умеренно-титанистыми ($1,0 < TiO_2 < 2,5$ мас.%) (УТТ) и высоко-титанистыми ($TiO_2 > 2,5$ мас.%). Для низко-титанистых кимберлитов помимо низкого содержания титана, характерны низкие концентрации редких элементов, такие породы встречаются в основном на северных материках: на ВЕП и в Якутии. Возможно, эта геохимическая особенность кимберлитов отражает глобальную неоднородность мантии Земли.

Как показано в работе (Криулина, 2012), а также в экспериментальных работах по синтезу алмаза (Синтез минералов, 2000) умеренное содержание титана в алмазообразующей среде оказывает положительное влияние на качество алмаза, снижая его способность обогащаться азотом и уменьшая пересыщение среды углеродом. Алмазы из кимберлитов УТТ (диапазон алмазоносности от высокой до

убогой) преимущественно бесцветны с послыбно-октаэдрическим характером роста граней. Характеризуются пониженными содержаниями примесей азота ($N_{tot} < 500$ ат.ррп.) с высокой долей в В-форме (25–80%), что соответствует условиям длительного высокотемпературного отжига. Алмазы из кимберлитов НТТ, (диапазон алмазоносности от ураганновысокой до убогой), наоборот, имеют относительно пониженное качество, что обусловлено более низкотемпературными условиями образования и краткостью отжига.

Данные об именных алмазах, добытых 1959–2016 гг, предоставлены компанией АК АЛРОСА (ПАО), их анализ позволил сделать некоторые заключения:

Особо крупные алмазы в кимберлитах НТТ отмечены в трубках Айхал, Нюрбинская и Интернациональная. Они характеризуются прозрачным-полупрозрачным цветом и чаще встречаются кристаллы октаэдрического габитуса. Алмазы массой от 51,5 до 241,65 кар., при средней массе 108 кар.

Трубки Мир, Юбилейная и Комсомольская сложены кимберлитами УТТ. Наибольшее количество именных алмазов зафиксировано именно в трубке Мир (189 шт). Алмазы массой от 50,05 до 342,50 кар., при средней массе 94 кар характеризуются преобладанием желтых оттенков и чаще встречаются кристаллы переходных форм.

Итак, мы видим, что наличие уникальных особо крупных алмазов характерно для трубок с умеренным и пониженным содержанием оксида титана. Этот факт свидетельствует о наличии специфических сверхглубинных условиях для формирования алмаза. Отмечено, что по количеству и массе уникальные алмазы преобладают в УТТ. Трубка лидер по добыче крупных кристаллов является "Юбилейная". С начала 2017 года на "Юбилейной" было добыто 20 алмазов массой более 50 карат.

Список литературы:

- 1) Белякова Ю.А. Синтез минералов том 3.. М: Недра, 1987 г., 256 с.
- 2) Богатиков О.А., Кононова В.А., Носова А.А., Кондрашов И.А. Кимберлиты и лампроиты Восточно Европейской платформы: петрология и геохимия // Петрология. 2007. Т. 15. № 4. С. 339–360.
- 3) Кононова В.А., Богатиков О. А., Кондрашов И. А.. Кимберлиты и лампроиты: критерии сходства и различий // Петрология. 2011. Т. 19. № 1, с. 35–55
- 4) Косторовицкий С.И. Минералогия и геохимия кимберлитов Западной Якутии. Автореф. дис. докт. геол.-минер. Наук. Институт геохимии РАН, Иркутск, 2009. 44 с.
- 5) Третьяченко В.В. Минерагеническое районирование кимберлитовой области Юго-Восточного Беломорья. Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. М.: 2008. 28 с.
- 6) Криулина Г. Ю., Гаранин В. К., Самосоров Г. Г. Прогнозирование качества алмазного сырья в месторождениях различного петрохимического типа //Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. — 2013. — № 6.

ОКРАШИВАНИЕ АГАТОВ

Леонтьева О.О.

oleontieva1209@mail.ru, СФУ ПИ, Красноярск, Россия

Агат впервые описывался ещё в древности (372–287 гг. до н. э.), в трактате «О камнях» Теофраста, связывающего его название с р. Агатес (совр. Дирилло) на о. Сицилия. Первоначально это название давалось твёрдым, легко принимающим полировку ритмично окрашенным поделочным камням, основу которых составляет халцедон. Однако в составе этого декоративного камня обычно не только минералы семейства кремнезема, но и другие минералы, среди которых наибольшую роль играют карбонаты, гётит, иногда цеолиты, флюорит и т. д. К агатам так же относят разновидности халцедона, содержащие декоративные включения – моховые, сагенитовые и др. Полосчатость агатов образована перемежающимися слоями халцедона различной толщины (от микрона до нескольких миллиметров), которые разнятся окраской, густотой тона, степенью просвечиваемости и пористостью.

Таким образом, агатом следует называть ритмично-зональные (зонально-концентрические и параллельно-слоистые) сростания различных минералов семейства кремнезема, среди которых преобладает халцедон, с зонами и включениями других минералов, а также прозрачные, полупрозрачные и окрашенные разновидности халцедона, содержащие моховидные, игольчатые или иные включения характерной формы, получившие по ним название моховых, сагенитовых, дендритных агатов и др. Поэтому термин «агат» в строгом смысле относится не к какому-то определенному минеральному виду, а к ювелирно-поделочному камню и имеющему геммологическое значение.

В ювелирном деле светло-серым агатам, наиболее распространённым в природе, перед обработкой часто придают дополнительную привлекательность яркой искусственной окраской, иногда выявляя тем самым красоту и замысловатые детали их строения, в иных же случаях делая их неестественно броскими.

Ещё в древней Индии и Китае умели облагораживать агат, придавая ему искусственную расцветку. Искусство окрашивания агатов было известно в Древнем Риме. Навысшего расцвета оно достигло в Идар-Оберштейне, где им овладели в 20-е годы XIX века. Это обусловило возникновение здесь одного из самых значительных в Европе центров обработки агатов и других цветных камней.

Сейчас известны многочисленные рецепты окрашивания агатов.

При классическом (немецком) способе применяют неорганические красители (хлористую ртуть, йодистый калий, жёлто-красную соль, азотнокислое железо и др.).

Так называемый американский способ предусматривает использование спиртных растворов различных анилиновых красителей. Если пропитать бесцветный халцедон раствором сахара или мёда, а затем медленно прокалить на огне или обработать концентрированной серной кислотой, получится камень густо-коричневого или чёрного тона. Если обработать агат раствором азотно-кислого железа или хромовых квасцов, а затем обжечь на огне, камень станет коричневато-красным, красным или зелёным. Для окраски полос агата в индиго-синий цвет камень опускают в раствор железисто-цианистой соли.

Способность к окрашиванию у различных полос агатов неодинакова: она определяется их пористостью, толщиной волокон минералов кремнезема и содержанием воды. Белые полосы, состоящие из плотных агрегатов кварца и кварца, почти или совсем не впитывают красящее вещество. Специалисты называют их «твёрдыми», в отличие от хорошо окрашивающихся – «мягких». Как правило, для окрашивания применяются неорганические красители, так как действие органических красителей слабее и окраска часто оказывается неустойчивой. Перед окрашиванием, вслед за очисткой их нагретыми кислотами или щелочью, агатам придают окончательную форму и шлифуют.

Ниже приведены способы получения определенных оттенков у агатов (Табл. 1).

Таблица 1 – Способы окрашивания агатов в необходимые цвета

Цвет	Краситель	Описание
Красный	Оксид железа	Агат помещают в раствор азотнокислого железа и затем сильно нагревают. Варьируя технологию этого процесса, удаётся добиваться различных тонов красного цвета.
Жёлтый	Соляная кислота	Пропитка агатов соляной кислотой с последующим лёгким нагреванием приводит к появлению лимонно-жёлтого цвета.
Зелёный	Соли хром/ нитрат никеля	Агаты пропитывают раствором солей хрома, а затем подвергают сильному нагреванию. К такому же эффекту приводит и воздействие нитрата никеля с последующим обжигом.
Синий	Ферроцианид калия (жёлтая кровяная соль) и железный купорос	Агаты сначала помещают в насыщенный раствор жёлтой кровяной соли, а затем кипятят в железном купоросе.
Коричневый	Серная кислота	Процесс такой же как у чёрного окрашивания.
Чёрный	Серная кислота/ нитрат кобальта	Агаты выдерживают в концентрированном сахарном растворе, а затем обрабатывают нагретой серной кислотой. Это приводит к появлению у агатов глубокого чёрного цвета. В последнее время для чёрной окраски применяется также нитрат кобальта.

Помимо использования красителей так же применяются современные методы искусственного окрашивания агатов – путём облучения их потоками частиц высоких энергий (с помощью атомных реакторов).

Изучив всю информацию об окрашивании агатов, можно сделать вывод, что методов окрашивания агатов очень много. Однако наилучшим способом является окрашивание агатов именно красителями, нежели путём облучения. Они наиболее безопасны для здоровья человека и доступны для применения.

Литература

- 1 Годовиков А. А., Рипинен О. И., Моторин С. Г. Агаты // Недра – Москва, 1987, 368 с.: ил.
- 2 Петров В. П. Рассказы о поделочном камне // Наука – Москва, 1982, 104 стр.
- 3 Черных В. Камни Урала. Агат // Средне-Уральское книжное издательство – Свердловск, 1982, 160 стр.
- 4 Яровой Ю. Е. Цветные глаза Земли // Южно-Уральское книжное издательство – Челябинск, 1984, 240 стр.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СТенок ПУСТОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА ЧЕРНОГОРСКОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР

Литвиненко А.К., Моисеева С.Б., Одинаев Ш. А.

akl1954@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Месторождение находится на востоке зоны Центрального Памира. Оно было открыто в 1977 году заведующим лабораторией драгоценных камней ИГ АН Таджикской ССР Э.А. Дмитриевым. С 1983 по 1986 гг. экспедиция Памиркварцсамоцветы проводила на месторождении поисково-оценочные работы. Оно было вскрыто поверхностными и подземными выработками: карьерами и штольнями. В одном из блоков были подсчитаны запасы: скаполита-сырца 1972 кг, ювелирного 92 кг и коллекционных образцов 263 кг. В 1987–91 гг. на северо-восточном и юго-западном флангах карьерами и штольней № 3 на горизонте 4492 метра проводилась предварительная разведка. Её результатом явился подсчёт запасов по категориям $C_1 + C_2$. Запасы были утверждены в ЦКЗ Министерства геологии СССР (протокол № 24/1 от 22.01.1991) в следующем количестве: скаполит-сырец – 3105 кг, скаполит-ювелирный – 225 кг, скаполит-галтовочный – 259 кг. Самоцветчиками было определено, что месторождение относится к 4-й группе сложности.

В 1991 году на месторождении была начата предварительная разведка центральной части на горизонте 4512 метров штольней № 2 с целью полной промышленной оценки месторождения и подсчёта запасов кристаллосырья по категориям $C_1 + C_2$ и определения прогнозных ресурсов категории P_1 , но работы были остановлены в связи с распадом СССР. Вместо этого с 1991 по 1999 годы на объекте проводилась опытно-промышленная разработка (ОПР). По её результатам было добыто 2470,5 кг скаполита-сырца и 436,6 кг ювелирного скаполита.

Месторождение относится к камнесамоцветной скаполитовой формации в составе Нуристан-Южнопамирской камнесамоцветной провинции (Литвиненко, 2005; 2012). В её изучении основополагающая роль принадлежит российским геологам, активно изучавшим этот регион с 1870 по 1990 года.

Площадь месторождения составляет 360x110–180 метров. Она представлена псевдослоистыми амфиболитами сарыджилгинской свиты в составе музольской метаморфической серии (PR_1), метаморфизованной в высокотемпературной амфиболитовой (1-й цикл) и эпидот-амфиболитовой (2-й цикл) фациях. Ювелирный скаполит локализован внутри 28 линзовидных тел длиной 5–8 и мощностью до 1–2 метра, средняя 0,3. Контакты с вмещающими чёрными породами резкие. На фоне субширотного простирания и крутого северного падения вмещающих пород, линзы ориентированы по-разному: на северо-восток, северо-запад, меридианально и субширотно. Кроме того, на месторождении присутствует пять относительно крупных тел плагиоклазитов без пустот с ювелирным скаполитом, но с мелкими пустотами до 5 см в поперечнике выполненными кристаллами плагиоклаза.

Эти тела образованы крупношестоватыми кристаллами скаполита с длиной кристаллов до 5 и более сантиметров. В местах раздува этих линз находятся пустоты: в количестве от 1 до 5 (отмечены жилы без них). Объём полостей от 0,03 до 0,1 м³. Количество кристаллосырья в них составляет от 0,1 до 40 кг, в среднем – 4 кг. Выход ювелирного и коллекционного материала из этого количества составляет до 15%, среднее 4%.

Структуру месторождения можно определить как линзовидно-гнездовую. Каждое рудное тело представляет самостоятельную скаполитовую залежь, а вмещающие породы содержат ничтожное количество скаполита. Расстояние между залежами составляет от 4 до 35 метров.

Скаполитовые залежи имеют зональное строение: в осевой части находится одна или несколько полостей, стенки которых представлены шестоватым скаполитовым агрегатом, постепенно переходящим в плагиоклазиты, которые с резкими, секущими контактами граничат с амфиболитами.

Зона крупношестоватого скаполита сформирована кристаллами длиной от 5 до 30 сантиметров. Они образуют друзовидные агрегаты кристаллов сильно разбитые трещинами, между которыми минерал прозрачный. На гранях призмы скаполита, в небольших пустотах растворения до 0,5 см в поперечнике, наблюдаются таблитчатые бесцветные сростания клевеландита. Шестоватые скаполиты с волнистым, постепенным контактом переходят в плагиоклазиты. Шестоватый скаполит образует стенки пустот и является главным предметом представленного исследования. Для кристаллов шестоватого скаполита характерно блочное строение. Вершина бывает расщеплена двумя, тремя пирамидами, растущими на одной призме. В шлифах, изготовленных поперёк кристаллов скаполита, установлены реликты плагиоклаза и биотита. В плагиоклазе определены два вида двойников: альбитовый и периклиновый. Эти же законы двойникования характерны для плагиоклазов из вмещающих скаполитовые жилы чёрных амфиболовых пород. Биотит по составу близок биотиту из амфиболитовых пород. Вероятно, плагиоклаз и биотит являются реликтами гранитоидов.

В процессе образования пустот химический состав вмещающих пород – амфиболитов ультраосновного состава, по нашему мнению, играет определяющую роль. Она может быть понята на основе предположения о первичных породах, определивших образование плагиоклазитов с шестоватым скаполитом, содержащим пустоты. Такой первичной породой могли явиться кислые породы – гранитоиды зорбурулюкского комплекса позднепротерозойского возраста. Обычной ситуацией для зорбурулюкских гранитоидов внедрённых в доломитовые мраморы, является мощно проявленный процесс десиликации, в результате которого образуются магнезиальные скарны: диопсид флогопитовые породы со стороны мраморов и скаполитовые – со стороны гранитоидов. На месторождении в системе плагиоклазиты–амфиболиты магнезиальные скарны не встречаются. Процесс десиликации гранитоидов ограничен образованием плагиоклазитов близких к альбитам. Таким образом первичной системой месторождения (1-й цикл метаморфизма) являлись жилы гранитоидов в ультраосновных амфиболитах. На регрессивной стадии 1-го цикла метаморфизма сформировались скаполитовые участки гранитных тел вблизи контактов. Во второй цикл, мезо-кайнозойского возраста стали развиваться пустоты с ювелирными кристаллами скаполита.

Образованию пустот способствовал интенсивный биметасоматоз, протекавший между амфиболитами и гранитоидами. Он может быть реконструирован следующей схемой: образование пустоты и её выполнение ювелирным скаполитом → шестоватый скаполит стенок пустот → замещённый скаполитом плагиоклазит → плагиоклазит → гранитоид.

Пустоты начали формироваться во время замещения минералов гранитоидов: биотита, калишпата, плагиоклаза и кварца сначала кислым плагиоклазом – альбитом и кислым скаполитом – мариалитом. Результатом этого явилось сокращение числа минеральных фаз от четырёх до одной. Процесс протекал с сокращением объёма пространства гранитоидных линз на фоне общего понижения температуры всей свиты. В пустотах из гидротермальных растворов кристаллизовался прозрачный, без трещин, с полным набором кристаллоформ ювелирный скаполит. Стенки пустот, образованные шестоватым скаполитом, фрагментами подверглись растворению и отложению в них гребенчатого альбита. Эти стенки также являлись источником вещества для насыщения гидротермальных растворов, из которых кристаллизовался ювелирный материал.

Разновозрастные генерации скаполита: 1-я – во вмещающих породах, 2-я – в стенках линз и 3-я – в содержимом пустот являются аргументом к отнесению данного месторождения к типу регенерированных.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОТЛИЧИЯ МЕЖДУ САПФИРОВЫМИ И РУБИНОВЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПАМИРА

Литвиненко А.К., Шарифи Д.Д.

akl1954@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, РФ

Юго-Западный Памир (ЮЗП) представляет фрагмент Нуристан-Памирского срединного массива в составе Афгано-Южнопамирской складчатой области киммерийского возраста (Литвиненко, 2004). Данная область является сегментом крупнейшего внутри континентального Альпийско-Гималайского горно-складчатого пояса, который объединяет структуры сформировавшиеся в заключительную эпоху эндогенной активизации Земли – альпийскую. Тектонической особенностью пояса являются срединные массивы, представляющие блоки земной коры древнейшей консолидации и цепочкой протягиваются по всему поясу. К этим блокам приурочены самые крупные месторождения рубина Снежное, Джебдаллек, Хунза, Нангимали, Таплиджунг, Могок и сапфира – Сумджан и др.

ЮЗП сформирован тремя метаморфическими сериями, две из которых имеют значение для решения поставленного вопроса, т.к. вмещают рассматриваемые месторождения. Они представлены горанской и шахдаринской сериями, образующими самостоятельные тектонические блоки с одноимёнными названиями: Горанский и Шахдаринский. Возраст этих блоков позднеархейский. Петрографической особенностью серий, определившей камнесамоцветную сапфировую и рубиновую минерализацию, являются соответственно доломит-магнезитовые мраморы в горанской и доломит-кальцитовые в шахдаринской. Их фоном являются гнейсы, мигматиты, амфиболиты и кварциты, а также крупный Памирско-Шугнанский гранитоидный батолит палеогенового возраста, с которым связаны месторождения редкометальных пегматитов с драгоценными камнями (аквамарином, хризобериллом и турмалином). Обе серии полициклически метаморфизованы в гранулитовой и амфиболитовой фациях.

Сапфировые и рубиновые месторождения пространственно и хронологически разобщены. Основные сапфировые объекты локализованы в горанской, а рубиновые в шахдаринской сериях и соответственно в Горанском и Шахдаринском тектонических блоках.

Сапфировая минерализация связана с метасоматическим типом, имеющим название "десилицированные пегматиты" и относимой к сапфир-плагиоклазовой камнесамоцветной формации (Литвиненко, 2012). Самыми известными являются месторождения Стаж, Авдж, Яхшволь, Сумджин и Абхарв. Их вмещают магнезитовые мраморы. Небольшие сапфировые проявления имеются в шахдаринской серии и локализованы в доломитовых мраморах – Вездара и в амфиболитах – Ямчун. Образование этих месторождений обусловлено биметасоматозом лейкосомы мигматитов, внедрившейся в магнезиты, доломиты и амфиболиты. В результате образовались зональные магнезиальные скарны, в которых сапфировая минерализация приурочена к эндоскарновой зоне: сапфировой и сапфир-плагиоклазовой (Литвиненко, 1991). Размеры сапфирового кристаллосырья бочонковидной формы доходят до 8 см длиной и до 2,5 в поперечнике, но наиболее характерной формой является гексагональная дипирамида. Типоморфными минералами этого типа являются: средний-основной плагиоклаз, синяя шпинель, флогопит, энстатит и форстерит. Они представляют интерес как коллекционный материал.

Зональные скарны с сапфировой минерализацией сформировались на регрессивной стадии 1-го цикла гранулитовой фации. Механизмом процесса являлась десиликация гранитов с выносом из них SiO_2 в магнезиты на расстояние не менее 0,5 метра с образованием форстеритовой зоны. В некоторых участках жил она проявилась почти на 100% с формированием мономинеральной сапфировой зоны. В магнезитах вблизи жил

происходила демагнетизация с выносом из них в граниты до 25% MgO с образованием шпинелевой и флогопитовой зон (Литвиненко, 2007). Последующие тектоно-метаморфические события привели к трещиноватости сапфира, образованию реакционных минеральных кайм: флогопитовой и шпинелевой и в редких случаях к полному замещению сапфира минералами слюд (мусковитом и маргаритом). Данный тип месторождений близок кашмирскому – месторождение Сумджан, кристаллосырьё которого является эталоном качества.

Рубиновая минерализация связана с метаморфическим типом, имеющим название "рубин в мраморах" и относимой к рубин-мраморной формации (Литвиненко, 2012). Самыми известными являются Зирпарчов и Дальнее локализованные в кальцитовых мраморах шугнанской свиты и Лянгар – в доломитовых мраморах врангской свиты, которые входят в состав шахдаринской серии и одноимённого тектонического блока. Образование этих месторождений обусловлено метаморфизмом бокситоподобных глин накапливающихся на поверхности напластования мелководных известняков возможно, ещё в доархейскую эру (Литвиненко, 2012). Морфологические следы этой поверхности зафиксированы автором и могут быть закартированы при крупномасштабной геологической съёмке (Литвиненко, 1990). В результате изохимического метаморфизма бокситов сформировалась рубиновая минерализация и сопутствующие ей парагенезисы. Рубин образует кристаллы до 5 см в поперечнике. Они редко имеют кристаллографические формы, чаще встречаются в виде желваков. Типоморфными минералами этого типа месторождений являются паргасит, флогопит, розовая шпинель, сапфирин, рутил, пирит, кальцит и редко доломит. Они представляют интерес как коллекционный материал.

Рубин в мраморах сформировался на прогрессивной стадии гранулитовой фации (AR₂). Процесс образования рубина происходил за счёт перекристаллизации корундсодержащих бокситов "in situ", без перемещения протовещества. Метаморфизм более поздних эпох проявился в виде интенсивной трещиноватости, разнообразной вторичной минерализации (диаспор, цоизит, хлорит, серпентин и др.) и регенерации рубина.

Данный тип месторождений близок "бирманскому" – месторождения Могок, Хунза, Нангимали, Джегдаллек, Снежное и др. – самому лучшему по качественным кондициям кристаллосырья.

Эти два разных самоцвета принадлежат одному минеральному виду – корунду, но разделены значительным временем образования (определить точно мы его не можем) и термо-динамическими условиями: один – на прогрессивной, другой – на регрессивной стадии регионального метаморфизма гранулитовой фации: температура 900–750°C и давление 11–8 кбар (Литвиненко, 2007). Их объединяет приуроченность к очень древнему (рубин в мраморах) и древнему (сапфирные плагиоклазиты) – позднеархейский минерогенетический этап минералообразования.

Главное отличие этих месторождений заключается в различном источнике протовещества с различной геохимической специализацией для формирования самоцветов. В первом случае источник можно рассматривать как гранитофильный, содержащий в качестве элементов-хромофоров Ti и Fe, а во втором, как базитофильный с Cr и V. Это положение обосновывает пространственное разобщение самоцветов. Сапфирные месторождения можно рассматривать как аллохтонные, привнесённые лейкосомой мигматитов и возникшие за счёт замещения полевых шпатов в результате полной перестройки их кристаллической решётки. Рубиновые месторождения можно рассматривать как автохтонные, возникшие из местного стратифицированного материала – бокситового слоя в составе известняков. Рубин в этом типе месторождений формировался путём перекристаллизации корунда и/или дегидратации диаспора. Эти два минерала мы наблюдали в виде протогенетических включений в центральных участках кристаллов рубина.

ОЦЕНКА СКАПОЛИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАМИРА (МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЧЕРНОГОРСКОЕ)

Моисеева С.Б.

thomrggru@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Скаполит – алюмосиликат переменного состава, к нему относятся минералы, состав которых выражается различными соотношениями двух конечных членов ряда — мариялита $\text{Na}_4[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_3\text{Cl}$ и мейонита $\text{Ca}_4[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]_3(\text{SO}_4, \text{CO}_3)$. От мариялита к мейониту в скаполитах постепенно уменьшается содержание Si, Na и Cl и возрастает содержание Al, Ca, CO_2 и S, также типичными примесями являются Mg, Fe, Mn и Ti. В силу изменчивого химического состава скаполитов, изменяются и физические свойства этих минералов. Мариялит, наиболее обогащенный кремнеземом — встречается реже, отличается прозрачностью и чаще всего используется в качестве ювелирного камня. Мейонит - встречается чаще, содержит минимальное количество кремнезема и он, как правило, практически непрозрачный, а потому редко используется в ювелирном деле.

Месторождения скаполита известны в Южном Прибайкалье, на Алданском щите, в Северной Карелии, в Северном Приладожье, в Приангарье, в Казахстане и на Центральном Памире (Таджикистан). В дальнем зарубежье они известны в Италии, Германии, Австрии, Скандинавском полуострове, США, Канаде, Танзании, Кении, Мадагаскаре, Бразилии и Мьянме.

Скаполиты ювелирного качества на Центральном Памире впервые были обнаружены сотрудником Института геологии АН Таджикистана Э. А. Дмитриевым на месторождении Черногорское (Кукурт) в 1983 г. Месторождение расположено к западу от посёлка Мургаб, в альбит-скаполитовых жилах; также дополнительно скаполит ювелирного качества был обнаружен и на соседних участках - в мигматитовых пегматитах проявлений Перевальное и Полихромное, в гнездах кварцевых жил среди мраморов на проявлениях Редкое и Осеннее. Скаполиты всех этих проявлений имеют свои отличительные характеристики и особенности.

Скаполиты месторождения Черногорское (Кукурт) – короткостолбчатые кристаллы с удлинением в диапазоне от 1:1 до 1:1,5 в основном, но изредка попадаются и более вытянутые столбчатые кристаллы (с соотношением длины и ширины до 1:2,5), размеры кристаллов разнообразны, но в среднем от 3х3х4 мм до 17х19х25 мм, хотя встречаются и более крупные размеры – и это говорит в пользу ювелирного применения этого сырья.

Более скаполиты впервые стали рассматриваться в качестве драгоценных камней около 1913 г., когда в Бирме открыли их разновидности розового цвета, а затем на Мадагаскаре и в Бразилии. И примерно с этого времени, ценится скаполит именно за свою индивидуальность. На гранях многих кристаллов отчетливо наблюдается хорошо развитая вертикальная штриховка - от тонкой, множественной до грубой и малочисленной. Выделяется несколько разновидностей штриховок: вертикальная, веерообразная, в виде иероглифов, иногда заметны волнообразные слои растворения. На поверхностях кристаллов имеются многочисленные фигуры роста - в виде четких, закругляющихся в сторону граней пирамиды ступеней, иногда напоминающие головки большого числа сросшихся между собой мелких кристаллов. И такой внешний вид придает кристаллам скаполита индивидуальность и очарование, что позволяет использовать его в качестве вставок в ювелирных изделиях и сувенирной продукции в его естественном не ограниченном виде.

Из внутренних дефектов и включений здесь наиболее типичны трещины, каналы, облака, твердые кристаллические включения, двойники. Помимо хаотично расположенных, имеются и ориентированные газово-жидкие включения, которые, как отмечалось многими отечественными и зарубежными исследователями, располагаются в кристаллах вдоль оси *C* и, набираясь в достаточном количестве, создают эффект «кошачьего глаза» - в изученных нами кристаллах эффекта «кошачьего глаза» не

наблюдалось, но в силу того, что данные включения присутствуют, возможно предположить, что потенциально находиться здесь скаполиты с эффектом «кошачьего глаза», могут.

Ограниченные скаполиты внешне похожи на многие известные камни: желтого цвета скаполит похож на цитрин, золотисто-желтый – на хризоберилл, розовый – на берилл светлых оттенков (особенно на воробьевит), на сподумен (кунцит), а фиолетовый очень напоминает аметист. Его можно спутать с полевыми шпатами – не ошибаться позволяет геммологическая диагностика – геммологические свойства всех этих схожих минералов, различны. Показатели преломления скаполитов месторождения Черногорское: $n_m = 1,540-1,552$ и $n_p = 1,532-1,543$; оптический характер – одноосный, отрицательный; блеск – стеклянный, с перламутровым отливом; люминесценция наблюдается от слабой до сильной, в длинных (LW UV) и коротких волнах (SW UV) она может быть проявлена практически одинаково по силе, но чаще более сильно проявлена под LW UV, хотя иногда наоборот, сильнее в SW; цвет люминесценции красновато-оранжевого, розовато-оранжевого, желтого цветов, но встречаются и образцы, в которых люминесценция или отсутствует или ее проявление очень слабое; твердость этих скаполитов около 6; плотность в среднем в диапазоне от 2,58 до 2,62 г/см³.

В силу того, что состав группы скаполита очень широк, это отражается и в характере инфракрасных спектров минерала. Полосы поглощения 1540 и 1427 см⁻¹, которые часто наблюдаются в составе скаполитов (Schwarz, Speelman, 1965) и обычно связывают с присутствием CO₂, в образцах из месторождения Кукурт обнаружены не были (едва заметные отмечал в своих работах Золотарев А.А.). Так как эти полосы поглощения связывают с присутствием CO₂, то можно с уверенностью говорить об отсутствии значимых количеств CO₂ в составе данных скаполитов, что указывает именно на их особенность и позволяет предположить влияние отсутствия и/или присутствия CO₂ прозрачность этих кристаллов.

Типичным оптическими спектрами поглощения скаполитов в настоящее время считается наличие широких полос поглощения в диапазоне 515-520 и до 600-625 нм с максимумом 520-525 нм и 540-555 нм в зависимости от направления и ориентации светового луча. Часто в минералах и породах фиолетовый, сиреневый, красноватый и розоватый цвета объясняют присутствием марганца (Mn) – по полосе поглощения около 630 – 670 нм и железа (Fe) – по полосе поглощения около 730 нм. Практически все основные характерные линии поглощения в спектрах оптического поглощения наблюдаются и в скаполитах месторождения Черногорское, но есть и отличия – спектры отличаются присутствием довольно ярко выраженных узких полос в ультрафиолетовой области с максимумом около 380 нм, которую обычно связывают с Се, в области 420 нм, которую связывают с Ец, а также менее четких, но в некоторых образцах все же выделяющихся полос в области 450 нм, которые связывают с кислородом (Платонов, Тарашан). Считающееся для марьялита обычным в спектре поглощения четкое присутствие Mn и O – именно четкое, замечено не было. Спектры поглощения скаполитов, фиолетовая и сиреневая окраска которых приобретена после облучения и для кристаллов с природной окраской, оказались идентичны. Более точная и углубленная интерпретация оптических спектров скаполита представляется затруднительной из-за отсутствия подробных детальных исследований, а имеющиеся в литературе данные имеют противоречивый характер в отношении интерпретации природы линий поглощения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что скаполиты месторождения Черногорское отличаются от скаполитов других месторождений. По составу, как уже упоминалось выше, они являются марьялитами – наименее широко представленными в известных месторождениях.

Проведенная в период с 1987 по 1991 гг. предварительная разведка месторождения Черногорское показала, что запасы представляют интерес для широкомасштабной отработки на ювелирное и коллекционное кристаллосыр'е.

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛМАЗНОГО СЫРЬЯ ИЗ МУАССАНИТА, ПОКРЫТОГО АЛМАЗНОЙ ПЛЕНКОЙ

Пахомова В.А., Федосеев Д.Г., Тишкина В.Б., Камынин В.А.,
Карабцов А.А., Попова М.А., Культенко С.Ю.
pakhomova@fegi.ru

ФАНО ФГБУН Дальневосточный геологический институт Дальневосточного
отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия

Природные алмазы - весьма сложный товар, который только опытные специалисты способны рассортировать на огромное количество (несколько тысяч) разновидностей, причем погрешности в оценке, которые могут повлечь за собой большие финансовые потери, обычно составляют от 5 до 15%.

Статус бриллианта как сокровища в течение многих столетий поддерживается на эмоциональных символах любви и вечности. Бриллиант - навсегда. Эти символы, а также возможность надежного и компактного вложения капитала сделали бриллиант тем, чем он сегодня является.

Неудивительно, что алмазы и бриллианты имеют наибольшее количество имитаций. Самая удачная из современных имитаций алмаза - муассанит - известна достаточно давно и, казалось бы, не представляет особой сложности для диагностики. Однако, это не всегда так.

История открытия и дальнейшая судьба карбида кремния (муассанита), заслуживает отдельного внимания, потому что синтез его осуществлен в далекие времена конца 19-ого века. С тех пор он нашел широкое применение в промышленности и сейчас занимает одно из ведущих мест в производстве технического камня. Заслуга в этом принадлежит двум инженерам и ученым Е. Ачесону и А. Муассану. Если Ачесон предложил и внедрил в промышленное производство муассанит в 1893 году, то Анри Муассан, сконструировав электрические дуговые печи, получил в них впервые в 1892 году карбид кремния, а затем карбиды других металлов, что позволило ему в 1906 году стать нобелевским лауреатом. Но тогда выращенные им кристаллы не назывались муассанитом. Однако, первые кристаллы муассанита, как выяснилось впоследствии, синтезированы еще в 1881 году Марсденом.

Природный муассанит открыл все тот же Анри Муассан в 1904 году в железном метеорите из метеоритного кратера «Каньон Дьявола», именуемого также кратером Барринджера и Аризонским кратером и расположенным вблизи города Уинслоу (штат Аризона, США). После опубликования статьи Муассана об открытии природного карбида кремния известный американский ученый Кунц предложил назвать этот минерал муассанитом в честь первооткрывателя.

По прошествии более полувека, в 1965 году, известный знаток метеоритов американский ученый Б. Мэйсон, проведя детальные исследования железных метеоритов «Каньона Дьявола», пришел к сенсационному выводу о том, что так называемый природный муассанит был занесен в образец метеорита самим Муассаном при его распиливании с помощью карбида кремния. Кстати, других находок карбида кремния, т.е. муассанита, со времен Муассана, как в метеоритном железе «Каньона Дьявола», так и в других метеоритах земного шара, обнаружено не было. Тем не менее, эти факты не повлияли на убеждение некоторых исследователей и бизнесменов в том, что муассанит имеет неземную природу. К настоящему времени известно несколько десятков мест в различных странах земного шара, где был обнаружен муассанит, но, что удивительно, ни в одном случае не было доказано его природное происхождение. Дискуссии продолжаются до сих пор, и не исключено, что все находки относятся к техногенному муассаниту, попавшему в обозначенные места из отходов производства.

Метод выращивания кристаллов муассанита высочайшего ювелирного качества был разработан и осуществлен немецким исследователем И.А. Лели в 1955 г. В настоящее время ювелирный муассанит выпускается американскими, японскими, индийскими фирмами, в России – Новосибирским институтом «Монокристалл», фирмами в Москве, Санкт-

Петербурге и на Украине. В продажу поступают как бесцветные, так и окрашенные камни, причем размеры некоторых кристаллов достигают 100 – 200 граммов (500 – 1000 карат).

Уникальность карбида кремния – муассанита – как кристаллического вещества заключается в том, что при одном и том же простом составе SiC (70% кремния и 30% углерода), форма и размер кристаллической решетки имеют свыше пяти тысяч установленных модификаций, так называемых структурных полиморфов. Внутреннее строение кристаллов и ограненных камней обычно оказывается неоднородным. Типичные включения имеют вид параллельных и лучистых скоплений тончайших иголочек.

Но вернемся к предмету нашего обсуждения. В лабораторию поступил на исследование образец алмазного сырья – бесцветный, с желтоватым оттенком кристалл октаэдрической формы (группа «соублз» – sawables), размером 10.09 × 9.72 мм, весом 5.35 карата. Октаэдрические грани кристалла имеют ступенчатое строение, на ребрах наблюдаются симметричные желобчатые комбинационные поверхности. Грани и ребра кристалла гладкие, за исключением одной грани, на которой заметно механическое повреждение. Первоначально кристалл был исследован при помощи обычных геммологических приборов. В ультрафиолетовых лучах (365 нм) – инертный, тесты на теплопроводность алмазные, тесты на электропроводность оказались недостаточно убедительными: в некоторых участках (в основном, на ребрах) алмазные, но иногда (на гладких гранях и выемках) – муассанитовые. При тщательном просмотре в геммологическом микроскопе обнаружены очень мелкие игольчатые, нитевидные включения, характерные для муассанита. Еще одним поводом для дальнейших исследований послужило отсутствие в камне включений, характерных для алмаза. Под полярископом в удобных для просмотра участках камень оказался анизотропным.

Кроме геммологических методов, для изучения строения камня и уточнения его химического состава проведены исследования в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН, на рентгеновском томографе Skyscan 1272 и на четырехканальном микроанализаторе JXA – 8100 (Geol, Япония). Получены следующие результаты. Рентгеномикротомографическими исследованиями установлено, что внутренняя часть исследуемого образца отчетливо отделена по рентгеновским плотностям от внешней оболочки, неоднородной по толщине. Микрондовым анализом установлено присутствие кремния до 70% на полированных гранях рукотворного кристалла, а также участие в составе поверхностного слоя титана.

На основании полученных результатов сделан вывод о принадлежности образца к муассаниту, который, после рукотворной (кстати, весьма удачной) обработки для придания кристаллу алмазной формы, был покрыт тонкой алмазной пленкой. Вероятнее всего, алмазное покрытие было нанесено с использованием наноалмазов. Подслой выполнен из композиционного материала, имеющего металлическое связующее и упомянутые наноалмазные частицы с объемной долей 5-90%.

Эта технология может представлять проблему для геммологов в будущем. Примерно в 1985г. в СССР и Японии начали проводиться исследования по наращиванию тонкого слоя синтетического алмаза на различные подложки, например, кремний. В этом методе смесь метана и водорода проходит через микроволновую «ванну», в которой молекулы газа разлагаются на водород и углерод и затем углерод кристаллизуется как алмаз на поверхности подложки. Благодаря технологическим инновациям в современном мире существуют и активно развиваются нанотехнологии, позволяющие наносить тонкие алмазные пленки на ювелирные камни. Если какую-нибудь имитацию алмаза (например, муассанит) покрыть тонкой алмазной пленкой, это будет трудно обнаружить, так как отражение от поверхностного слоя станет сильнее, и блеск будет соответствовать алмазному. Толщина покрытия обычно не превышает 0.001 мм, к тому же показания тестеров будут упоминать Вас в том, что перед Вами – алмаз.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов: РФФИ № 16-05-00283, ДВО РАН №15-1-2-003о

ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЮВЕЛИРНОГО ДЕРЕВЯНИСТОГО ОЛОВА РОССЫПИ ДОМИНИОН КРИК, КАНАДА

Петроченков Д.А.

p-d-a@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Некоторые ювелирные разновидности минералов достаточно редки, что позволяет отнести их к нетрадиционной группе. Одним из таких минералов является касситерит, добываемый человеком с бронзового века на протяжении пяти тысячелетий. Касситерит, являясь основным источником олова в промышленности, по своим геммологическим характеристикам: высоким показателем преломления (1,9-2,1), дисперсии (0,07), твёрдости (6,5-7), разнообразной окраске и несовершенной спайности – не уступает многим известным ювелирным разновидностям минералов. Ещё менее известным является деревянистое олово, представляющее агрегаты касситерита с полосчатой, полосчато-сферолитовой и сферолитовой текстурой [1].

Россыпь Доминион Крик расположена в северо-западной части Канады и входит в важнейший золотоносный район Клондайк, известный с конца XIX столетия. Россыпь золота аллювиальная, сформирована в четвертичный период. Деревянистое олово установлено в верхней части россыпи Доминион Крик на двух обрабатываемых участках, расположенных на расстоянии 8 км. Деревянистое олово выше по течению более крупное. Коренные источники деревянистого олова в россыпи не установлены, но в районе известны оловянные проявления риолитового минерального типа.

Продуктивный слой (пески) состоит из крупнозернистого песка, преимущественно кварцевого состава с гравием, галькой, мелкими валунами и примесью глины. Мощность слоя около 3м. Продуктивный слой залегает на плотике из кварцитов и кварц-слюдистых сланцев пермского возраста. Деревянистое олово можно собрать, просматривая тяжёлую фракцию на отсадочной установке, где оно концентрируется вместе с золотом, присутствуют также магнетит, гематит, гранаты. Поскольку на отсадочную установку поступает фракция менее 20 мм, более крупное деревянистое олово попадает в галечный отвал, где его крайне трудно обнаружить. Таким образом, размер деревянистого олова до 25 мм по удлинению не отражает его максимальный размер в россыпи. В качестве рудного материала деревянистое олово для золотодобытчиков коммерческого интереса не представляет и попадает в отвал, поэтому, вероятно, оно распространено более широко, чем установлено в настоящее время. Количество деревянистого олова вполне достаточно для постоянной работы ограночных и ювелирных мастерских.

Деревянистое олово в россыпи округлой формы, которая не связана с окатыванием в процессе транспортировки. Отметим, что для деревянистого олова характерна округлая форма выделения в виде конкреций и сферолитовых почек уже в коренной породе. Для огранки могут использоваться галечки деревянистого олова размером от 10 до 25 мм и массой от 4 до 25 г с выраженным рисунком. Гранить деревянистое олово можно как в виде кабошонов, так и фасетной огранкой.

Внутреннее строение деревянистого олова россыпи Доминион Крик обусловлено ритмично-зональным чередованием тёмно-коричневых, коричневых и светло-коричневых слоёв сферолитовой текстуры. Количество слоёв в исследованных образцах от 15 до 25, а их ширина колеблется от десятых долей мм до 5 мм. В широких слоях по насыщенности цвета выделяются более узкие, нечётко выраженные прослои. Контур слоёв волнистый, на отдельных участках мелконзвилистый. Рисунок в образцах очень разнообразный и никогда не повторяется.

По данным рентгенографического количественного фазового анализа деревянистое олово россыпи хорошо раскристаллизовано и состоит, мас. %: касситерита – 97, кварца – 2, микроклина – 1. Деревянистое олово плотное, непрозрачное и не просвечивает в краях, раскалывается с трудом. Излом неровный, раковистый. Плотность деревянистого олова колеблется от 5,99 до 6,44 г/см³, в среднем составляя – 6,30 г/см³, что несколько ниже

теоретической для кристаллов касситерита – $7,01 \text{ г/см}^3$. Более низкая плотность деревянистого олова связана с микровключениями других минералов и большим количеством пор. Блеск естественных поверхностей деревянистого олова стеклянный, часто матовый, обусловленный неровностью и шероховатостью. Блеск хорошо полированных поверхностей – алмазный. Люминесценция не наблюдается. Микротвёрдость колеблется от 897 до 1482 кгс/мм², составляя в среднем – 1298 кгс/мм². Более низкая микротвёрдость фиксируется в зонах с большим количеством пор и дисперсным размером кристаллов касситерита.

Деревянистое олово в шлифе имеет зонально-кольцевую структуру, обусловленную зонами с различной окраской и размером кристаллов касситерита. Периферийная часть образца светло-коричневого цвета, шириной до 1,5 мм сложена игольчатыми кристаллами до 0,2 мм по длинной оси, на отдельных участках, образующих сноповидные агрегаты с волнистым угасанием. Средняя часть выполнена чередованием аналогичных по структуре узких кольцевых зон с различным размером кристаллов. Ширина зон около 0,2 мм, а размер образующих их кристаллов касситерита составляет сотые доли мм по длинной оси. Скрытокристаллические зоны имеют более тёмную окраску.

Центральная часть светло-коричневого цвета, образована разноориентированными мелкими (0,1-0,5 мм по длинной оси) игольчатыми и длиннопризматическими кристаллами касситерита. Центральную светлоокрашенную часть окружает тёмно-коричневая кольцевая зона с нечётким контуром шириной около 1 мм, с тонкокристаллической и скрытокристаллической структурой. Характерно образование микрослоёв с различным размером кристаллов, которые отличаются и по насыщенности цвета. В зоне встречаются микронёзда размером около 0,4 мм, сложенные игольчатыми кристаллами касситерита.

Из проведенного электронно-зондового анализа следует, что деревянистое олово россыпи Доминион Крик имеет зонально-кольцевое строение и содержит большое количество пор. Выделяются зоны различные по цвету, структурным особенностям и содержаниям химических элементов. Размер и форма кристаллов касситерита в различных зонах колеблется в широком диапазоне. Цвет зон в образце отражается и цветовыми оттенками в ОРЭ. Установлены микровключения алюмосиликатов и кварца, выполняющие поры в деревянистом олове. Кристаллы касситерита в ОРЭ имеют различные цветовые оттенки. В микрizonaх тёмно-серого цвета фиксируются более высокие содержания Si, Fe и соответственно более низкие Sn. Содержания других элементов-примесей, установленных в касситерите, близки. Высокие содержания Fe до 4,12 мас. % связаны с микровключениями гематита, Si – до 1,19 мас. % и Al – до 0,19 мас. % с включениями кварца и алюмосиликатов.

Разнообразная окраска и текстурные особенности слоёв касситерита создают неповторимые контрастные узоры в ювелирных вставках из деревянистого олова, а достаточно высокая твёрдость и алмазный блеск повышают привлекательность изделий. Деревянистое олово ювелирного качества может отбираться попутно при обработке месторождений олова и россыпей золота, что делает его высокорентабельным видом камнесамоцветного сырья [2, 3]. Отметим, что в РФ ни касситерит, ни его разновидность деревянистое олово не рассматриваются в качестве камнесамоцветного сырья, их запасы не учитываются.

Литература

1. Буканов В.В. Цветные камни и коллекционные минералы. СПб. 2014. 464 с.
2. Петроченков Д.А., Чистякова Н.И. Особенности минерального состава деревянистого олова месторождения Джалиндинское (Россия) // Новые данные о минералах. Выпуск 46. Москва. 2011. – С 55-60.
3. Петроченков Д.А. Минеральные и структурные особенности ювелирного деревянистого олова // Изв. Вузов. Геология и разведка. 2017. №4 – С. 36-44.

ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АММОЛИТА КАНАДЫ

Петроченков Д.А.

p-d-a@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Аммолит – торговое название иризирующего ископаемого перламутрового слоя раковин аммонитов. Аммониты с перламутровым слоем и их фрагменты, пригодные для изготовления кабашонов аммолита добываются из бирповской свиты верхнемеловых отложений на юге провинции Альберта в окрестностях г. Левбридж. Аммолит ювелирного качества связан с аммонитами рода *Placenticeras*. Размер раковин аммонитов достигает 70 см. Основные места добычи аммолита расположены в долине р. Св. Мария [1].

Бирповская свита, из которой добывают аммолит, состоит преимущественно из тёмноокрашенных глинистых сланцев, которые переслаиваются с несколькими слоями песчаников. Отложения содержат большое количество прослоев вулканического пепла, остатков ископаемой фауны и сидеритовых конкреций. В окрестностях месторождения, расположенного вдоль р. Св. Мария, мощность бирповской свиты составляет 232 м.

Бирповская свита перекрыта четвертичными водно-ледниковыми отложениями мощностью 15-30 м, а также на отдельных террасовых участках современными аллювиальными, аллювиально-озерными галечниками и склоновыми отложениями мощностью 2-5 м. В зоне окисления, верхние 3м свиты на контакте с водно-ледниковыми или аллювиальными отложениями, содержат аммолит, в котором арагонитовые слои замещены белым кальцитом – «кальцитизированный аммолит». Активное замещение арагонита кальцитом происходит также в зоне разломов. Такой аммолит для ювелирных изделий непригоден.

Бирповская свита содержит большое количество сидеритовых конкреций. Они образуются в процессе осадконакопления из водных растворов вокруг ядра, которым обычно является ископаемая фауна, в том числе и аммониты. Часто именно в сидеритовых конкрециях находят аммолит ювелирного качества. Форма конкреции обычно соответствует форме ядра, являясь хорошим поисковым признаком. Например, аммонитоносные конкреции в основном дисковидной формы размером 15-60 см, иногда достигают 1 м. Их количество не превышает 10 %. Конкреции сферической и округлой формы редко содержат аммониты. Конкреции малого и среднего размера – 15-60 см в диаметре содержат лучший аммолит.

Аммолит находится в различных горизонтах бирповской свиты. В ходе разведки и добычи на месторождении компанией Корайт в свите установлены два горизонта – «зона К» мощностью 3,6 м и «зона 4» мощностью 2 м, которые содержат коммерческие количества аммолита. Половина аммонитов, полученные из зоны 4, не были заключены в конкреции («безконкреционные»).

Аммониты, как правило, раздавлены, представляют спрессованные стенки раковин. Иногда встречаются не раздавленные аммониты, камеры которых выполнены серым мергелем. В редких случаях отдельные не разрушенные газовые камеры выполнены кальцитом. Внутренняя поверхность продольных распилов аммонитов не декоративна и коммерческого интереса не представляет.

Перламутровый слой с мергелем по данным рентгенографического количественного фазового анализа состоит, мас. %: из арагонита – 31-40, кальцита – 16-26, сидерита – 14-18, кварца – 10-17, гидрослюда – 2-4, каолинита – 1-3. В небольших количествах присутствует апатит, пирит, гипс, плагиоклаз, рентгеноаморфная фаза. Перламутровый слой аммолита более однороден и состоит, мас. %: из арагонита – 87-92, присутствуют кальцит – 6-9, сидерит – 1, фиксируются пирит, гётит и рентгеноаморфная фаза < 1. Стенки раковины аммонита, образующие перламутровый слой, сохраняют преимущественно арагонитовый состав. Присутствие кальцита, сидерита, пирита, гётита и рентгеноаморфной фазы указывают на частичное разрушение арагонитовых слоёв с образованием новых минералов. Мергель, образующий подложку аммолита, состоит преимущественно из кальцита, сидерита, кварца, алюмосиликатов, присутствуют апатит, пирит, гипс, рентгеноаморфная фаза. Из

элементов-примесей фиксируются содержания мас. %: Sr – 0,1700, Zr – 0,0245, Ba – 0,0861, Y – 0,0410, а с содержаниями 0,001-0,01 – Cr, V, Ni, Cu, Zn, Rb. Содержания радиоактивных U, Th и канцерогенных Pb, As элементов близки к фоновым.

Наиболее характерными цветами иризации перламутровых слоёв аммонита являются красный, оранжевый, зелёный, редко голубой и фиолетовый. Толщина слоёв 1-2 мм и в редких случаях достигает 8 мм. Слои обычно расслаиваются на тонкие пластинки. Перламутровый слой непрозрачный, просвечивает в очень тонких пластинках. Показатель преломления колеблется от 1,53 до 1,67, двупреломление – 0,13-0,14, связи с цветом иризации не устанавливается. Плотность – 2,76-2,81 г/см³, что несколько ниже плотности арагонита, что может объясняться присутствием пор и микротрещинок. Люминесценция не наблюдается.

Микротвёрдость арагонитовых слоёв стенки раковины составляет в среднем, кгс/мм²: с красной иризацией – 333, с зелёной – уменьшается до 196, поперечная поверхность слоёв – 304. Отмечалось, что при обработке аммонита перламутровый слой с красной иризацией более прочный, чем с зелёной, а с фиолетовой является наиболее хрупким. Можно предположить, что редкость голубого и фиолетового аммонита, может быть связана и с его низкой прочностью, не позволяющей сохраниться в процессе диагенеза.

Мергель, являющийся естественной подложкой аммонита, ровного серого цвета различных оттенков, иногда с мелкими светлыми включениями и тонкими прожилками. Мергель плотный разламывается с трудом в тонких пластинах, излом мелко раковистый. Плотность – 2,8-3,0 г/см³. Микротвёрдость в среднем – 250 кгс/мм². Люминесценция не наблюдается.

Проведённые исследования на растровом электронном микроскопе показали, что аммонит состоит из большого числа слоёв с различной структурой. Сохраняются слои неизменённого или слабо изменённого пластинчатого арагонита. Часть исходных слоёв пластинчатого арагонита в значительной степени или полностью перекристаллизованы с образованием скрытокристаллической, колломорфной и аморфной структуры. В таких слоях присутствуют включения и тонкие прожилки кальцита, сидерита с микровключениями алюмосиликатов и пирита. Исходные призматические арагонитовые слои перекристаллизованы, что связано с их меньшей устойчивостью. Процесс перекристаллизации арагонитовых слоёв происходил с выносом Na, Sr и привнесом Si, Al, Mg, Mn, Fe, S, K, Ba.

Иризация аммонита связана с сохранившимися пластинчатыми арагонитовыми слоями стенок аммонита. Слои с исходной пластинчатой структурой арагонита могут находиться в верхних, средних и нижних частях аммонита. Следовательно, при полировке аммонита иризация может исчезать, появляться, меняться цветовая гамма и её насыщенность в зависимости от слоя, оказавшегося на поверхности.

Нами была установлена связь цвета иризации аммонита со структурой и размером кристаллов арагонита. Изучены два образца с чётко выраженной цветной иризацией. Для обоих образцов характерна хорошая сохранность арагонитовых слоёв. Кристаллы арагонита в аммоните с красной иризацией имеют ширину 1,5-2 мкм при толщине – 0,7 мкм, с зелёной иризацией ширина – 2,5 мкм при толщине – 0,25 мкм, с фиолетовой иризацией ширина кристаллов увеличивается до 5 мкм, а толщина уменьшается до 0,15-0,2 мкм. Наши результаты подтверждаются данными аналогичных исследований [1]

Литература

1. Mychaluk K., Zevinson A., Russelle H. Ammolite: Iridescent fossilized ammonite from Southern Alberta, Canada // *Gems & Gemology*. 2001. Spring. V. XXXVII. P. 4-25.

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТУРМАЛИНОВ ИЗ ПЕГМАТИТОВ ТУРКЕСТАНСКОГО ХРЕБТА

Сергеева Л.А., Мухаметшин А.В., Лопатин О.Н.

lsergeeval1996@gmail.com; Казанский (Приволжский) федеральный университет,

Институт геологии и нефтегазовых технологий, г. Казань, Россия

Вопросам окраски турмалинов посвящен ряд работ, базирующихся на методах абсорбционной оптической спектроскопии. Однако их ювелирные разновидности изучены в меньшей степени. В данной работе объектом исследования являются турмалины пегматитов Туркестанского хребта. Образцы турмалинов (шерлов) были отобраны в процессе полевых сезонов из пегматитовых жил гранитоидного массива Кара-Су Туркестанского хребта Киргизии. Пегматитовые жилы данного поля относятся к редкометаллому генетическому типу.

Исследованные образцы шерлов в монокристаллах характеризовались интенсивно черным цветом, однако в тонких срезах (шлифах) оказались полихромными, двухцветными. А именно, центральная зона кристаллов была окрашена в синий цвет, тогда как периферические их части - в коричнево-зеленый, причем граница между этими зонами обычно была резкой и четко прослеживалась по всему кристаллу, иногда осложнялась микротрещинами. Изложенный факт однозначно свидетельствует об изменении условий процесса турмалинообразования во времени и формировании шерлов Туркестанского хребта как минимум в две стадии, отличающиеся друг от друга физико-химическими условиями.

Кристаллохимические особенности описанных турмалинов изучались методами абсорбционной оптической спектроскопии в специализированной лаборатории Казанского федерального университета. Лабораторный модуль включал в себя источник света, монохроматор МДР - 4, кварцевый световод, микроскоп МИН - 8 и блок регистрации – ФЭУ - 79, работающий в высокочувствительном режиме «счета фотонов». Регистрация оптических спектров поглощения турмалинов осуществлялась по зонам, в режиме оптико-спектроскопического микрозондового сканирования.

Общая конфигурация оптических спектров поглощения изученных турмалинов Туркестанского хребта оказалась идентичной и определяется хромофорной ролью элементов группы железа. В спектрах поглощения всех исследованных кристаллов турмалина и различных их зон доминирующими в исследованной области поглощения являются полосы 420, 470, 495, 700, 780, 840 нм.

Интерпретация полосы поглощения в ближней УФ - области, включая видимый диапазон длин волн 400 – 500 нм в спектрах поглощения турмалинов в литературе не является однозначной. Исследователи сходятся в том, что данное интенсивное поглощение в коротковолновом диапазоне определяется собственно железом, причём определяющую функцию в данном случае играют ионы трехвалентного железа Fe^{3+} , находящиеся как в октаэдрических, так и в тетраэдрических позициях структуры турмалина. Не исключено, что наличие в некоторых оптических спектрах полос поглощения 470, 495 нм связано с хромофорной ролью ионов четырехвалентного титана Ti^{4+} , находящихся в электронном

взаимодействии с ионами трехвалентного железа в виде обменно-связанных пар $Fe^{3+} - Ti^{4+}$. При этом подразумевается, что указанные ионы занимают соседние структурные полиэдры.

Полосы поглощения длинноволнового диапазона 700 нм и ближней инфракрасной области 840 нм интерпретируются с позиции теории кристаллического поля и объясняются электронными переходами в ионах двухвалентного железа Fe^{2+} , находящихся в октаэдрическом координационном окружении. А именно, наличие данных полос поглощения связано с электронными переходами из основного состояния ${}^5T_2 (D)$ в состояние ${}^5E (D)$, сильно расщепленное кристаллическим полем на два подуровня указанных ионов двухвалентного железа, занимающих Y - позиции структуры минерала.

Различие оптических спектров изученных зон турмалинов сводится к различному соотношению поглощения в ближнем и дальнем диапазонах длин волн видимого спектра. А именно, оптические спектры центральных синих зон характеризуются наиболее интенсивным поглощением в длинноволновом диапазоне (полоса поглощения ИК – 780 нм). В отличие от них в оптических спектрах периферических зон, окрашенных в зеленовато-коричневые цвета, наиболее четко прослеживается коротковолновая полоса поглощения УФ - 470 нм. С учетом приведенной выше интерпретации указанных полос поглощения можно утверждать, что турмалины (шерлы) пегматитов Туркестанского хребта были сформированы в две стадии, отличающиеся друг от друга окислительно-восстановительными условиями. На начальном этапе формирования турмалинов и образования их центральных синих зон, условия минералообразования были восстановительными. Критерием этого является изоморфная примесь железа, ионы которого находятся в двухвалентном состоянии. Следующий этап формирования турмалинов, а именно их периферических зон зеленовато-коричневого цвета, характеризовался изменением восстановительных условий на окислительные. Не исключено, что данные генетические изменения связаны с тектоническими изменениями и общим подъемом Туркестанского хребта в истории формирования Туркестано-Алайской горной системы Юго-западного Тянь-Шаня.

Таким образом, можно сделать вывод, что турмалины являются чутким индикатором окислительно-восстановительного потенциала среды минералообразования пегматитовых жил.

Литература

- Бахтин А.И. Оптическая спектроскопия минералов и руд и ее применение в геологоразведочных работах: книга / Бахтин А.И., Горобец Б.С. – Казань: Издательство Казанского университета, 1992. – 232 с.
- Винокуров В. М. Реальная структура и свойства минералов: сборник научных публикаций / Винокуров В.М., Кринари Г.А. – Казань: издательство казанского университета, 1989. – 70 с.
- Платонов А. Н. Природа окраски самоцветов: книга / Платонов А.Н., Таран М.Н, Балицкий В.С. – Москва: Издательство Недр, 1984. – 196 с.

СИНТЕТИЧЕСКИЙ ТУРМАЛИН, ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ

Сеткова Т.В., Балицкий В.С., Бубликова Т.М.

setkova@iem.ac.ru, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экспериментальной минералогии Российской академии наук, г. Черноголовка, Россия

Минералы группы турмалина характеризуются разнообразием состава и устойчивостью в широком интервале термодинамических условий, они являются ярким примером кристаллических твердых растворов с высокой изоморфной емкостью. Обобщенная кристаллохимическая формула турмалина $XY_3Z_6T_6O_{18}(BO_3)_3V_3W$, где X – Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , вакансия; Y – Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Li^+ , Al^{3+} ; Z – Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} ; T – Si^{4+} , Al, B; V – OH, O^{2-} ; W – OH, O^{2-} , F [1]. Синтетические турмалины могут явиться перспективным заменителем природных для использования в ювелирной промышленности подобно другим синтетическим аналогам драгоценных камней.

Последние работы по синтезу турмалина [2-5] проводились в основном для изучения устойчивости, минеральных равновесий и структуры этого минерала. Исходя из многочисленных предшествующих работ, установлено, что турмалин кристаллизуется в широком интервале температур (400 – 800°C) и давлений (70 – 800 МПа), с использованием стекол турмалинового состава [6], смеси оксидов, входящих в состав турмалина, а также за счет минералов и пород, содержащих оксиды кремния и алюминия [7,8]. Размеры кристаллов в указанных выше работах не превышают 1 мм.

В 60-90 годах прошлого столетия была показана возможность монокристаллического роста турмалина на затравку [9-13]. И.Е. Воскресенской был разработан метод выращивания его цветных (Fe, Mg, Co, Ni, Mn, Cr и др.) разновидностей при температурах 700-750°C и давлениях 200-800 МПа. Наибольший нарост (до 3 мм) на затравку наблюдался у Со-турмалина. Особенностями этого метода являются очень высокие P-T параметры и высококонцентрированные растворы, требующие использования дорогостоящего оборудования и материалов. Вместе с тем остался нерешенным ряд вопросов, связанный с изучением влияния физико-химических условий и ростовых факторов на кристаллизацию, структурно-морфологические характеристики и свойства турмалина – перспективного минерала для науки, техники и ювелирного дела.

В лаборатории синтеза и модифицирования минералов Института экспериментальной минералогии РАН была предпринята попытка разработки гидротермальной методики выращивания монокристаллов турмалина на затравку. Прежде всего, были проведены эксперименты по изучению устойчивости и особенностей кристаллизации турмалина в водных растворах борной кислоты и ее смесей с фтористо-водородной и соляной кислотами, а также фторидами и хлоридами щелочных и тяжелых металлов в интервале температур 400-750°C и давлений 100-150 МПа. Полученные экспериментальные данные и термодинамические расчеты показали достаточно низкую растворимость турмалина в борных и бор-хлоридных гидротермальных растворах. В бор-щелочных, фторидных, бор-фторидных и бор-хлор-фторидных растворах интенсивность растворения турмалина заметно возрастает и сопровождается образованием алюмосиликатных и фторидных фаз [14]. Отмечен затрудненный рост турмалина в указанных гидротермальных растворах на затравку при его перекристаллизации, с одной стороны, и, с другой стороны, - интенсивное выпадение при тех же T-P параметрах и составах растворов многочисленных кристаллов спонтанного зарождения при использовании в качестве шихты кварца и корунда как отдельных турмалинообразующих компонентов. В результате были также существенно снижены параметры роста турмалина до 450°C и 100 МПа, и была показана возможность выращивания цветных Fe-, Ni-, Co-, (Ni,Fe)-, (Ni,Cr) и (Co,Ni,Cr)-содержащих его разновидностей на затравку [14-18]. Скорость роста кристаллов на затравку составляла 0.05 мм/сутки гранями тригональной пирамиды в (+0001) направлении, при этом максимальный

нарос на затравку (2 мм) установлен у Со-содержащего турмалина, который был получен в борсодержащих растворах кристаллогидрата хлорида кобальта при температуре от 400 до 700°C. Окраска кристаллов зависит от содержания кобальта в кристаллах турмалина. Ее интенсивность меняется (от бледных до насыщенных малиново-бордовых тонов), с увеличением содержания кобальта от 2 до 20 мас.% СоО.

Fe-содержащий турмалин был получен в растворах борной кислоты, бор-хлоридных и бор-фторидных растворах, наибольшее содержание железа (до 15 мас.% FeO+Fe₂O₃) наблюдалось в кристаллах, полученных в растворах борной кислоты. В борных и борщелочных растворах был получен рост на затравку черных Fe-содержащих турмалинов (до 13 мас.% FeO+Fe₂O₃), в бор-фторидных – зеленых Fe, Ni-содержащих турмалинов (до 4 мас.% FeO+Fe₂O₃ и 4 мас.% NiO), в бор-хлор-фторидных – изумрудно-зеленых Ni, Cr-содержащих турмалинов (до 10 мас.% Cr₂O₃ и 16 мас.% NiO). В бор-хлоридных растворах была также установлена кристаллизация полихромного Со, Ni, Cr-содержащего турмалина как на затравку, так и в виде спонтанных кристаллов (до 13 мас.% СоО+NiO+Cr₂O₃). Окраска этого турмалина меняется с розовой на зеленую со сменой преимущественного содержания в его составе Со на Ni, Cr.

Таким образом, турмалин, являющийся одним из распространенных минералов в природе и одним из наиболее популярных драгоценных камней, до сих пор не производится в искусственных условиях. При росте монокристаллов турмалина возникают основные проблемы, связанные в первую очередь с его сложным химическим составом и широким проявлением изо- и гетеровалентного изоморфизма, а также ростовыми факторами, которые включают в себя низкие скорости роста, однонаправленный рост, высокие P-T параметры роста и высококонцентрированные растворы и, как следствие, использование дорогостоящих оборудования и материалов.

Литература:

1. Henry, D.J., et al. (2011) *Amer. Mineral.* 96, 895–913.
2. London, D. (2011): *The Can. Mineral.* 49, 117-136.
3. Berryman, E. et al. (2014): *Amer. Mineral.* 99, 539–542.
4. Ertl, A et al. (2015): *The Canad. Mineral.* 53, 209–220.
5. Kutzschbach, M., et al (2016): *Am.Mineral.* 101, 93–104.
6. Smith, F.G. (1948): *Econ.Geol.* 44, 186–192.
7. Fuchs, Y., et al. (1998): *Am.Mineral.* 83, 525–534.
8. Marler, B., et al. (2002): *Eur. J. Mineral.* 14 763–771.
9. Goerne, G., et al. (1999): *Eur. J. Miner.* 11. 1061-1077.
10. Воскресенская И.Е. и др. (1965): в кн. Минералог. Сб. Львовского геол. об-ва, № 19, вып. 2.
11. Воскресенская И.Е. и др. (1976): в кн. Минералогический сборник, №30, вып.1. С. 14-17.
12. Воскресенская И.Е., Штернберг Л.А. (1973): *Кристаллография*, Т. 19, Вып. 4. С. 888-890.
13. Лебедев А.С., и др. (1988): в кн. Рост и свойства кристаллов. Новосибирск: Наука. С. 58-75.
14. Setkova, T., et al. (2009): *Dokl. Earth Sci.* 425 (3), 490–493.
15. Setkova, T., et al. (2009): *Dokl. Earth Sci.* 424 (1), 82-85.
16. Setkova, T., et al. (2011): *J. Crystal Growth.* 318, 904–907.
17. Rozhdestvenskaya, I.V., et al. (2012): *Cryst. Rep.*, 57, 1, 57-63.
18. Vereshchagin, O., et al. (2016): *Eur. J. Mineral.* 2016, V.28, 3, p. 593–599.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ
НОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОЛУБОГО КОРУНДА (САПФИРА) В
МЕТАГИПЕРБАЗИТАХ ИЛЬМЕНСКИХ ГОР, ЮЖНЫЙ УРАЛ
Сорокина Е.С.¹, Рассомахим М.А.², Никандров С.Н.²

¹ elensorokina@mail.ru, Институт геохимии и аналитической химии им. В.Н. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН), Москва, Россия.

² Ильменский государственный заповедник, Миасс, Россия

Корунд в Ильменогорском щелочном комплексе является распространенным минералом. Широко известны и наиболее изучены корунды, связанные с щелочными образованиями комплекса: щелочными пегматитами, дайками, и некоторыми другими типами пород. Впервые корунд в Ильменах установлен П.Н. Барбот-де-Марни в 1828 г. Далее, в 19 столетии, корунд подробно и полно описывает Н.И. Кокшаров (1852–1855 гг.), кристаллы и сростки его изучал П.В. Еремеев (1879–1880 гг.), информация об Ильменских корундах имеется в работах И.В. Мушкетова (1877 г.), М.П. Мельникова (1882 г.). Последние публикации (Sorokina et al. 2016, 2017) выявили новые геохимические особенности и твердофазовые включения в синих корундах Ильменских сиенит-пегматитов, типичные для «магматических» сапфиров россыпных месторождений в Северном Лаосе и Таиланде. Между тем, вопрос генетической природы «метаморфических» сапфиров в россыпных месторождениях, связанных с полями щелочных базальтов в Юго-Восточной Азии, Африке и Австралии, до сих пор достается дискуссионным.

Сводной работой конца 20 столетия по корундам Ильменских гор можно считать статью В.О. Полякова с соавторами (Поляков и др., 1991), в которой выделено 11 минеральных ассоциаций, содержащих корунд. Среди всех этих ассоциаций отмечены две необычные, не известные в Ильменогорском комплексе ранее. Первая – корундсодержащие амфиболиты (метабазиты), обнаружены в виде глыбовых развалов по северному и южному берегам оз. Б. Миассово на территории Ильменского заповедника. Вторая – хлорит-флогопитовая порода (слюдит) с корундом среди метаципербазита, установлена в керне скважины в южной части Ильменского заповедника на глубине около 300 м. Подобная слюдитовая ассоциация с корундом также в метаципербазите установлена в 2003 году сотрудником Ильменского заповедника С.Н. Никандровым в участке между озерами Б. Таткуль и Б. Миассово территории Ильменского заповедника при обследовании дренажных канав, в 4-х км восточнее жил корундовых сиенит-пегматитов.

Данный участок сложен породами так называемой кыштымской толщи. В настоящее время она включается в состав сайтовской серии. Серия состоит метатерригенных кварцито-сланцевых пород с включенными телами мафит-ультрамафитовой ассоциации. Будинообразные и линзовидные тела этой ассоциации сложены оливин-энстатитовыми, энстатитовыми, тальк-антофиллитовыми, тальк-карбонатными, тремолит-антофиллитовыми породами и разнообразными амфиболитами (Медведева и др., 2012 г.). Возраст этих образований отражает сложную эволюцию формирования серии: 1267 ± 18 млн. лет (реликтовые ядра терригенного циркона); 462.9 ± 3.4 , 438.3 ± 6.9 , 421.7 ± 3.9 млн. лет – этапы метаморфической эволюции, 324 млн. лет этап коллизионных деформаций (Краснобаев А.А. и др. 2009).

Размеры пород мафит-ультрамафитовой ассоциации, мощности слоев сланцев и кварцитов, их взаимоотношения между собой весьма разнообразны и колеблются в широких пределах. С одним из таких блоков и связана минеральная ассоциация, содержащая корунд. Проявление представляет собой пластообразное («жила») тело среди гипербазита. «Жила» с поверхности вскрыта траншеей размером ~ 4×9 метров, которой присвоен статус копи, а в реестре копей заповедника – номер 418. Блок ультрамафитов, размером первые десятки метров (по дренажной канаве – около 35 метров), вмещающий «жилу» копи № 418 сложен

практически мономинеральным крупнозернистым (до 4-5 см) энстатитовым гипербазитом с незначительной примесью оливина и клинопироксена, и наложенными тальком и хризотил-асбестом. Так же в породе присутствует полностью замещенный гётитом пирит. В поверхностном подпочвенном слое встречаются халцедон-кварцевые стяжения размером до 10 см, по трещинам развиты лимонит и гипергенный карбонат. Метагипербазиты характеризуются высоким содержанием SiO_2 – около 50-61 мас.%, MgO около 20-32 мас.% и незначительными концентрациями щелочных элементов - около 0,1 - 0,2 мас.%. Для линз с корундом и шпинелью также свойственно высокое содержание MgO 16-25 мас.% в сочетании с переменными количествами SiO_2 (25 - 80 мас.%) и низкими концентрациями щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq 1$ мас.%) (Sorokina et al. 2018).

Основная масса будин с корундом представлена мусковитом. Однако их вещественный состав весьма разнообразен. Было установлено более 30 минеральных видов, среди которых есть редкие и единичные находки: можно отметить сульфиды никеля и свинца (хизлевудит, миллерит, маухерит, никелин, герсдорфит и галенит), алланит-(Ce) – диссакисит-(Ce), бадделейт и др. Сам корунд образует округлые агрегаты с пятнистой бело-голубой окраской, окруженные шпинель-ганитовой каймой. В корунде обнаружены первичные твердофазовые включения шпинели, клинохлора и мусковита. Дополнительно диагностированы вторичные включения апатита и циркона, приуроченные к трещинам в минерале.

Геохимические исследования корунда с помощью метода лазерной абляции – с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией (LA-ICP-MS) выявили следующие отношения содержаний основных микропримесей: $\text{Ga} / \text{Mg} < 2,7$, $\text{Fe} / \text{Mg} < 74$, $\text{Cr} / \text{Ga} > 1.3$ и $\text{Fe} / \text{Ti} < 16$ - типичные отношения для «метаморфических» сапфиров (Peucat et al., 2007; Sutherland & Abduriyim 2009).

Дальнейшие исследования нового проявления корунда будут «ключом» к выявлению петрогенезиса «метаморфических» сапфиров, обнаруженных во вторичных россыпных месторождениях мира.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации (№ проекта МК-4459.2018.5).

Литература:

- Медведева Е.В., Русин А.И., Мурдасова Н.М., Котляров В.А. (2012) Минералогия андалузит-кианит-силлиманитовых пород Сайтовской серии Ильменских гор, Южный Урал. *Записки Российского минералогического общества*, Т. 141, № 4, 50-60;
- Поляков В.О., Баженов А.Г., Петров В.И. (1991) Минеральные ассоциации корунда Ильменских гор. Новые данные по минералогии эндогенных месторождений и зон техногенеза Урала. Свердловск: изд. УрО РАН, 15 – 21;
- Peucat J.J., Ruffault P., Fritch E., Bouhnik-Le-Coz M., Simonet C., Lasnier B. (2007) Ga/Mg ratio as a new geochemical tool to differentiate magmatic from metamorphic blue sapphires. *Lithos*, Vol. 98, Is. 1–4, 261–274;
- Sorokina E.S., Koivula J.I., Muiyal J., Karamelas S. (2016) Multiphase fluid inclusions in blue sapphires from the Ilmen Mountains, southern Urals. *Gems and Gemology*, Vol. 52, Is. 2, 209–211;
- Sorokina E.S., Karamelas S., Nishanbaev T.P., Nikandrov S.N., Semiannikov B.S. (2017) Blue sapphire megacrysts in syenite pegmatites from Ilmen Mountains, South Urals (Russia): New mineralogical data. *The Canadian Mineralogist*, Vol. 55, 823-843. DOI: 10.3749/canmin.1700016;
- Sorokina E.S., Rassomakhin M.A., Nikandrov S.N. et al. (2018) Geochemistry of new blue corundum (sapphire) occurrence in Ilmen Mountains, South Urals of Russia: clues to “metamorphic” sapphire petrogenesis in placer deposits. EGU General Assembly 2018, Vol. 20, EGU2018-7338-1, 2018;
- Sutherland FL & Abduriyim A (2009) Geographic typing of gem corundum: a test case from Australia. *Journal of Gemmology* 31(5–6), 203–210.

К ВОПРОСУ О ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ КАОЛИНОВЫХ ЯДЕР ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ

Терехов Е.Н., Щербаклова Т.Ф.

tereh@ilran.ru, Геологический институт РАН, Москва, Россия

Во многих местах находки драгоценных камней ассоциируются с желваками, линзами или ветвистыми зонками, сложенными каолином, благодаря чему они легко извлекаются из горной массы. Подобные каолиновые образования чаще всего встречаются в пегматитах из которых добываются топазы и бериллы, но они характерны и для проявлений корунда, шпинели, кварца, турмалина, бирюзы и многих других драгоценных и поделочных камней. Тонкие жилки, выполненные каолином часто прослеживаются от одного занорыша до другого, являясь великолепным маркером для старателей. Подобная форма заполнения трещин каолином, а также наличие кристаллов «двухголовиков», которые как бы плавают в рыхлой белой матрице, позволяют некоторым исследователям считать, что в ряде случаев каолиновые массы имеют явно другой генезис, чем просто кора выветривания, как это принято считать в большинстве случаев [1]. При этом критерии различия генезиса каолинита в условиях коры выветривания и гидротермально-метасоматическом процессе весьма условные. В данном сообщении мы приводим результаты детальных исследований силлиманит-магнетит-каолиновых метасоматитов среди вторичных кварцитов острова Большой Тютерс (Финский залив).

Впервые выявленное на Балтийском щите проявление вторичных кварцитов [4] приурочено к долгоживущей Балтийско-Мезенской тектонической зоне, центральный фрагмент которой соответствует известной флекуре Полканова. Помимо характерных геологических объектов, расположенных в пределах этой структуры, таких как массивы гранитов рапакиви, кимберлитовых и других трубок взрыва, гигантских по площади силлов (Валаамский и Роупрученский), зон локальных дислокаций (Андомская и Дудерговская), большое число разнообразных ювелирных и коллекционных камней также приурочено к этой зоне.

На о. Б.Тютерс большая часть коренных пород представлена крупнозернистыми кварцитами однородного, массивного сложения. Окраска их изменяется от серой до буроватой, с постепенными переходами. Кварциты не образуют пластов, в них не наблюдается осадочной полосчатости, складчатые структуры отсутствуют. Изредка в них отмечается реликтовая полосчатость, типичная для мигматитов свекофеннского комплекса. По ряду характерных признаков эти породы отнесены нами к вторичным кварцитам [4]. Они занимают всю обнаженную часть острова и развиты как на берегу, так и в его водораздельной части. В них не отмечается вертикальной и горизонтальной зональности. Видимая мощность кварцитов составляет не менее 20-30 м, если считать, что они представляют собой чехол. Кварциты секутся вертикальными и наклонными кварцевыми жилами мощностью 10-40 см. По содержанию главных химических компонентов кварцевые жилы аналогичны вмещающим их кварцитам, что указывает на единые условия их образования. В центральной части острова расположен небольшой массив рапакивиподобных гранитов. Подобные породы слагают секущие дайки в СЗ части острова. Сходными по составу и возрасту (1600 ± 50 млн лет) гранитами сложены субширотные дайки и в центральной части западного берега [4]. Учитывая, что вторичные кварциты являются своеобразным маркером кислого вулканизма [2], то можно предполагать факт существования кислого вулканизма на этой территории, который опережал главную фазу формирования гранитов рапакиви.

Среди вторичных кварцитов острова Б.Тютерс присутствуют протяженные линейные зоны, хорошо различимые на детальных космических снимках. Они сложены силлиманит-магнетит-каолиновыми метасоматитами. Образование метасоматитов связано с раздроблением кварцитов и последующим привнесом флюидами вещества, насыщенного различными компонентами. Метасоматиты обогащены глиноземом (16-23 мас.%), в отличие

от 2-5 мас.% в их субстрате, и железом (6-8 мас.%) против 2 мас.% в кварцитах. При этом в метасоматитах преобладает окисное железо, а в кварцитах - закисное. Метасоматиты практически не содержат ни щелочных, ни щелочноземельных элементов. Они обогащены Zr (146-199 г/т) и рядом других элементов примесей, в том числе и редкоземельных. Для РЗЭ обеих пород характерна незначительная и близкая степень фракционирования $((La/Yb)_n=6.55$ и 6.17), что указывает на одинаковые условия формирования этих пород. Метасоматиты по набору минералов не отличаются от кварцитов, но различаются их количеством, соотношениями и составом. Особый интерес в них представляет магнетит. Он содержит множество кварцевых включений с каолиновыми каемками, каждое из которых, в свою очередь, содержит включения кристалликов титаномагнетита. Каолинит появляется уже в субстрате метасоматитов - кварцитах, отлагаясь по границам кварцевых зерен и в рассекающих зерна трещинах, а также - замещая силлиманит. Наибольшее его количество отмечается в метасоматитах. На заключительных стадиях становления метасоматита каолинит наиболее богат глиноземом и примесями, среди которых преобладает железо. Развитие метасоматитов в линейных зонах, дезинтеграция их субстрата, большое содержание каолинита - все это придает им сходство с корами выветривания. Но одинаковый набор минералов в метасоматите и его субстрате, полное отсутствие сульфидов и серы, присутствие магнетита с двойными минеральными включениями - такие особенности заметно отличают эти породы от классических кор выветривания.

Вторичные кварциты и ассоциирующие с ними железо-глиноземистые породы являются хорошим примером метасоматических преобразований под влиянием флюидно-гидротермальных процессов. Однако следует отметить, что в последние десятилетия интерес к подобным комплексам заметно снизился. Отчасти это связано с тем, что большинство классических проявлений вторичных кварцитов находится в Республике Казахстан и концепция их поствулканического флюидно-гидротермального формирования [3] разработана в рамках старой - фиксистой тектонической парадигмы, а образование таких пород, как корундиты, в приповерхностных условиях, вызывает у современных исследователей стойкое непонимание.

Выявление факта гидротермально-метасоматического образования силлиманит-магнетит-каолиновых минеральных ассоциаций позволяет обсуждать и прогнозировать наличие новых видов проявлений, преимущественно высокоглиноземистых минералов (силлиманит, диаспор, корунд, шпинель, гранат, корнерупин, данбурит) часть из которых может содержать ювелирное или коллекционное сырьё.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00485 и Программы Президиума РАН № 19

Литература

1. Михайлов Б.М. Гипергенная металлогения Урала // Литология и полезные ископаемые 2004. №2. С.136-160.
2. Наконник Н.И. Вторичные кварциты СССР и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. М.: Недра, 1964. 338 с.
3. Разумова В.Н. Древние коры выветривания и гидротермальный процесс. М.: Наука, 1977 156 с.
4. Терехов Е.Н., Макеев Д.А., Панфилов И.П. и др., О природе вторичных кварцитов острова Большой Тютерс (Финский залив), Россия. // Литосфера 2017. № 6. С. 34-56.

О ПРИРОДЕ КОРИЧНЕВОЙ ОКРАСКИ АЛМАЗОВ

Титков С.В., Сперанский А.В.

titkov@igem.ru, ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН; МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Коричневая окраска, которая обусловлена хорошо известным непрерывным поглощением, монотонно возрастающим от длинноволновой к коротковолновой части видимого оптического спектра (Соболев и др., 1964), характерна для кристаллов, испытавших пластическую деформацию по механизму скольжения дислокаций. Условия для развития пластических деформаций создаются в процессе транспортировки алмазов из мантии к поверхности Земли кимберлитами. Часто коричневая окраска приурочена к плоскостям скольжения {111}, в которых сконцентрированы деформационные дислокации, макродефектам (трещинам, сколам) и к поверхностным областям кристалла, хотя встречаются и равномерно окрашенные в коричневый цвет алмазы. Коричневая окраска, преобладающая среди алмазов на большинстве месторождений, значительно снижает их стоимость, и при её высокой интенсивности алмазы переходят в технические категории.

В настоящей работе рассмотрена природа коричневой окраски алмазов на основании изучения нескольких сотен кристаллов из отечественных месторождений Сибирской платформы, Урала и Архангельской области и анализа литературных данных. Точечные деформационные дефекты изучались с использованием методов ЭПР-спектроскопии, оптической и ИК-спектроскопии. Спектры ЭПР регистрировались с использованием спектрометра “Varian E-115” (Varian, USA) при комнатной температуре в X-диапазоне, оптические спектры - двулучевого спектрофотометра Lambda-9 (Perkin-Elmer) при комнатной и азотной температурах, ИК-спектры - Фурье-спектрофотометра VERTEX70v (Bruker).

Как было показано достаточно давно (Соболев и др., 1964; Щербаква и др., 1975), интенсивность коричневой окраски коррелирует с концентрацией парамагнитных центров N₂, которые на этом основании традиционно рассматриваются в качестве центров коричневой окраски. Долгое время центры N₂ связывались непосредственно с деформационными дислокациями (точнее со свободными связями в их ядре). Однако ДЭЯР-исследования показали, что в состав центра N₂ наряду с углеродом входит азот (Newton, Baker, 1989). Сверхтонкое взаимодействие неспаренного электрона с атомом азота очень слабое (A~0.5 MHz) и не зависит от направления в кристалле. Можно предположить (Минеева и др., 2009), что в спектр ЭПР центра N₂ дают вклад атомы азота, декорирующие (по типу облаков Котрелла) деформационные криволинейные дислокации, которые строго не привязаны к определенным направлениям в кристаллах и произвольно распределены в их объёме. Именно такие дислокации характерны для природных пластически деформированных кристаллов алмаза. Произвольная ориентация и несвязанность таких дислокаций с каким-либо направлением в кристалле вполне удовлетворительно могут объяснить изотропный характер линии центра N₂. Образование криволинейных дислокаций обусловлено повышенными температурами пластической деформации кристаллов алмаза в природе.

Вместе с тем, в последние годы было высказано мнение о том, что коричневая окраска связана с другими весьма необычными дефектами в структуре алмаза, образованными скоплениями порядка 60 вакансий (Fisher, 2009). Такие дефекты весьма сложно наблюдать с использованием метода просвечивающей электронной микроскопии и соотнести с каким-либо парамагнитным центром. Основной аргумент, на основании которого ставится под сомнение дислокационная теория – при исчезновении коричневой окраски под влиянием экспериментального высокотемпературного отжига плотность дислокаций не уменьшается, – теряет своё значение, если центры окраски представляют собой не просто дислокации, а дислокации, декорированные примесями азота. Под влиянием отжига может происходить «очищение» дислокаций от примесной атмосферы. Экспериментальные данные об

исчезновении центров N2 при исчезновении коричневой окраски в результате экспериментального высокотемпературного отжига (Nadolinny et al., 2009) убедительно подтверждают связь этого центра и коричневой окраски. Наши данные, полученные на основании исследования большого количества коричневых алмазов, так же свидетельствуют о корреляции интенсивности коричневой окраски и концентрации парамагнитных центров N2.

Кроме того, как показали проведённые исследования, в процессе пластической деформации движущиеся деформационные дислокации могут разрушать распространенные А-центры (N-N), в результате чего в структуре алмазов образуется целая серия разнообразных парамагнитных центров, которые содержат в своём составе два атома азота, разделённые между собой различным количеством атомов углерода, – N1 (N-C-N+), N4 ([N-C-C-N]+), W7 (N-C2-C2-N+), M2 (N-C2-C4-C2-N+), M3 (N-C-C-C-N+) (Минева и др., 2009). Среди них центр M2, по-видимому, является центром лиловой (пурпурной) окраски и его оптическим аналогом является полоса 550 нм (Titkov et al., 2008). При неконсервативном движении дислокаций в структуре алмаза могут также образовываться вакансии, присоединение которых к центрам А и В (4N-V) приводит к формированию новых центров N3 (2N-V) и N4 (4N-2V), соответственно, которые являются центрами жёлтой окраски. Если в результате пластической деформации по механизму скольжения дислокаций в структуре алмазов образуются не только центры коричневой окраски N2, но и центры M2, N3, N4 в различном соотношении, то кристаллы приобретают жёлто-коричневый, оранжево-коричневый и красно-коричневый цвета, которые относятся к фантазийным и достаточно высоко ценятся. Заметный вклад в появлении жёлтого оттенка таких алмазов вносит и центр N3 (3N-V), образованный предположительно в результате агрегации атомов азота под влиянием естественного высокотемпературного отжига. Жёлто-коричневые, оранжево-коричневые и красно-коричневые алмазы особенно характерны для отечественных россыпных месторождений Урала и северо-востока Сибирской платформы, хотя встречаются и в кимберлитах Сибирской платформы.

Литература

1. Минева Р.М., Титков С.В., Сперанский А.В. Структурные дефекты в природных пластически деформированных алмазах по данным ЭПР-спектроскопии // Геология рудных месторождений. 2009. Т. 51. № 3. С. 261-271.
2. Соболев Е.В., Бокий Г.Б., Дворянкин В.Ф., Самсоненко Н.Д. О корреляции оптических и ЭПР-спектров природных алмазов типа I // Журн. структурной химии. 1964. Т. 5. № 4. С. 557–561.
3. Щербакова М.Я., Соболев Е.В., Надолинный В.А., Аксенов В.К. Дефекты в пластически деформированных алмазах по оптическим и Э.П.Р. спектрам // Докл. АН СССР. 1975. Т. 225. № 3. С. 566–569.
4. Fisher D. Brown diamonds and high pressure high temperature treatment // Lithos. 2009. V.112S. P. 619-624.
5. Nadolinny V.A., Yurjeva O.P., Pokhilenko N.P. EPR and luminescence data on the nitrogen aggregation in diamonds from Snap Lake dyke system treatment // Lithos. 2009. V.112S. P. 865-869.
6. Newton M.E., Baker J.M. ^{14}N ENDOR of the N2 center in diamond // J. Phys.: Condens. Matter. 1989. V. 1. № 48. P. 9801–9803.
7. Titkov S.V., Shigley J.E., Breeding C.M., Mineeva R.M., Zudin N.G., Sergeev A.M. Natural-color purple diamonds from Siberia // Gems and Gemology. 2008. V. 44. N 1. P. 56-64.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРЁХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ МЕТАЛЛОМ (ТИТАНОМ) И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЮВЕЛИРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Торосян А.Р.

torossart@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Первый металл, который стал использоваться в хозяйстве была медь. Впервые на заре человеческой цивилизации медь появляется с конца IX тыс. до н.э., в частности в Чайюню (в 40 км. от древнего города Тигранакерт – современная Турция), а затем во все большем количестве и в других районах Передней Азии (VIII и VII тыс. до н. э.). Основным композиционным материалом хозяйства становится медь. По данным исследований эта была самородная медь, то есть медь – минерал, встречающийся в природе (входит в класс самородных элементов). Позже, медь составила основу первому промышленному сплаву – бронзы, по имени которого назван этап эволюции. С этого времени начинается пирометаллургическое освоение металлов меди, свинца, олова, золота, серебра, железа, ртути –путём плавнения. Совершенствуются литейные технологии, появляются металлургические печи, смышлённые двусторчатые литейные формы, техникиковки и температурного обжига. Кузнечное дело открывает такие направления в искусстве, как торевтика и сопутствует развитию глиптики.

Известно, что в авиапромышленности до 90% металла уходит в отходы. В других отраслях, таких как ювелирная промышленность металлические отходы тоже имеют весомый процент. Количество металлических отходов такого масштаба связано с особенностями литейного производства. Металлы, расходуемые на литниковые системы среднего ювелирного производства, составляют в годовом обороте 80% готовой ювелирной продукции. Но, не смотря на металло и энерго затраты, литейное дело и сегодня является основой в металлургической промышленности. Инновационные технологии трёхмерной печати металлом открыли новые возможности в процессе получения металлической продукции. Детали, полученные путём трёхмерной печати металлом, могут быть до 60% легче по сравнению с фрезерованными или литыми изделиями, не смотря на то, что современные литейные и ЧПУ агрегаты имеют очень высокий функциональный уровень.

Начиная с 1980 гг. в часовую, а затем и в ювелирную промышленность постепенно начали проникать нетрадиционные материалы, в том числе металлы и их сплавы - титан, керамика(на основе металла циркония), сталь и т.д. . В этом списке новейших материалов самым популярным и сложно обрабатываемым стал титан. Самое главное достоинство титана - это прочность и лёгкость. Титан примерно легче золотого сплава 585 пробы в четыре раза, но сложно поддаётся механической обработке. Изначально, ювелирные изделия из титана производились ручным способом. Такого рода ювелирные изделия выпускались в единственных экземплярах и не редко имели большой успех среди ценителей и потребителей. Массовое производство титановых ювелирных изделий имеет свои технические трудности. Причиной тому высокая температура плавления титана –1670 °С. Высокий градус плавления делает процесс литья по выплавляемым моделям труднодоступной и затратной. По сравнению с основными металлами ювелирной промышленности (золото, серебро) титановые отходы во второй раз нельзя отправлять в производство. Это связано с тем, что титан и его сплавы теряют свои механические качества при повторной отправке в производственный процесс литья. Эти отходы требуют рафинирования, что делает массовое производство титановых ювелирных изделий методом литья нерентабельным.

Второй возможный технический процесс получения титановых ювелирных изделий – ЧПУ фрезерование. Такой способ тоже имеет свои технические и технологические

особенности. При скоростной резке титановых поверхностей начинает проявляться такое свойство, как адгезия. Из-за имеющейся адгезии и высоких температур титан налипает на режущий инструмент – фрезу. Такого рода фрезерование требует системно-жидкостного охлаждения и средних оборотов вращения шпинделя, а значит большего времени и затрат. Далеко не все фрезерные ЧПУ станки, предназначенные для ювелирной промышленности, способны фрезеровать ювелирные изделия, имеющие сложную геометрическую форму. Это связано с тем, что шпиндели фрезерных ЧПУ станков имеют угловые ограничения обработки при фрезеровании. По производственным мощностям фрезерные станки не в состоянии за одну загрузку выполнить массовую обработку большого количества деталей. Совокупность не решаемых задач для массового производства делают и такой метод недееспособным. Справедливости ради нужно отметить, что фрезерованные детали отличаются одним весомым преимуществом, они имеют практически идеально отшлифованную поверхность. По сравнению с фрезерованными изделиями, печатные металлические поверхности имеют так называемую корочку – «шагрень», которая требует дополнительной тщательной шлифовки и полировки.

Технологии трёхмерного проектирования (CAD-CAM-CAE) и трёхмерной печати металлом открывают неограниченные возможности в сфере массового ювелирного производства титановых, керамических, стальных изделий. Грамотное проектирование компьютерных 3D объектов даёт возможность получения (путём трёхмерной печати металла) качественной массовой ювелирной продукции. Программы трёхмерного проектирования (RhinoCeros-Matrix) ювелирных украшений оснащены объёмной инструментальной библиотекой. В частности такими инструментами, как Metal Weights (веса), которые дают возможность взвесить компьютерный трёхмерный объект. Компьютерная программа автоматически может определить массу изделий тридцати металлических наименований и их сплавов разного легирования. Это даёт возможность определить вес проектируемого изделия до отправки на металлическую печать. Некоторые модели трёхмерных принтеров имеют возможности объёмной загрузки и выпуска большого количества металлических изделий. По массе, это могут быть десятки килограмм печатанного металлического полуфабриката (к примеру титана). Технологией трёхмерной печати металлом особое внимание уделяет компания 3D Systems – гигант и первопроходец в этой сфере. Печати керамики (на основе металла циркония) компания 3DCERAM. В сфере трёхмерной печати золотом были зафиксированы успехи у итальянской компании Progold, которая разработала трёхмерный принтер печатающий золотом (золотым мелкодисперсным порошком). Нужно отметить, что данная технология позволяет печатать металлические изделия в пустотелом формате, облегчив существенно вес изделий.

Таким образом инновационная технология трёхмерной печати металлом показала свою дееспособность и рентабельность, составляя достойную конкуренцию базовым литейным технологиям. Технологии печати металлом сократили количество металлических отходов до минимума, повысили качественную составляющую производимых изделий, в частности, вытеснив из производственной терминологии такие понятия, как зольность выплавляемого материала (воск, полимеры, пластик и т.д.), абсорбционные процессы из-за которых ювелирные изделия выходили с браком микропористости и физическими дефектами связанными с литейной усадкой.

Можно смело сказать, что технологии трёхмерной печати металлом – это будущее.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ И МИНЕРАЛОГИИ КОРУНДОВЫХ АНОРТОЗИТОВ – КЫШТЫМИТОВ ЮЖНОГО УРАЛА, РОССИЯ

Филина М.И.¹, Сорокина Е.С.¹, Рассомахин М. А.²

makimm@mail.ru ¹Институт геохимии и аналитической химии РАН, г. Москва, Россия.

²Ильменский Государственный заповедник, г. Миасс, Россия.

Корунд α - Al_2O_3 является типичными минералом многих магматических и метаморфических пород. Однако его разновидность синего цвета – сапфир, окрашенная ионами Fe^{3+} и/или $\text{Fe}^{2+}/\text{Ti}^{4+}$ - встречается всего в нескольких типах пород, обогащенных глиноземом и обедненных кремнеземом (Giuliani et al. 2014). При этом добыча ювелирных сапфиров сконцентрирована преимущественно в россыпных месторождениях дискуссионного генезиса (Sorokina et al. 2016, 2017). Поэтому исследование генетической природы минерала, обнаруженного *in situ* в коренных породах, может помочь решить фундаментальную проблему петрогенезиса синего сапфира на вторичных россыпных объектах.

Впервые на Урале корунд был открыт в 1823 году, К.Ф. Фуксом, при осмотре отвалов золотого рудника на речке Борзовке. Борзовское месторождение корунда, с перерывами эксплуатировалось до конца 1939 года и в настоящее время находится на консервации. В 1907 г. Николаевым А.В. было обнаружено 19 жил корундовых анортозитов - «кыштымитов», залегающих на контакте или вблизи контакта гранито-гнейсов и амфиболовых пород (Клер, 1918). Колесник Ю.Н., описывая район месторождения, указывает на приуроченность тел анортозитов к мета-ультрамафитовому массиву и интерпретирует их как апогаббровые метасоматиты (Колесник, 1974). Позже, гипербазиты Борзовского месторождения были отнесены к протерозойскому ультрамафитовому комплексу. Комплекс состоит из многочисленных тел метагипербазитов, сложенных оливин-энстатитовыми, энстатитовыми, тальк-антофиллитовыми, тальк-карбонатными, тремолит-антофиллитовыми породами и ассоциирующими с ними амфиболитами, залегающих среди метатерригенных пород сайтовской серии (Юрецкий и др., 1982). Она представлена кварцито-сланцами, гранат-полевошпат-биотитовыми, кварц-слюдяными и гранат-полевошпат-амфиболовыми кристаллическими сланцами, кварцитами и кварцито-гнейсами. Возраст метагипербазитов (циркон U-Pb SHRIMP) отражает сложную эволюцию формирования пород: 1267 ± 18 млн лет (возраст мантийного протолита); 462.9 ± 3.4 , 438.3 ± 6.9 , 421.7 ± 3.9 млн лет – этапы метаморфической эволюции, 324 млн лет – коллизия (Краснобаев А.А. и др. 2009). Борзовский массив сложен небольшими линзовидными телами серпентинизированных энстатит-оливиновых и оливин-энстатитовых, антофиллитовых и тальк-антофиллитовых пород, пронизанных гранитоидами шиханского комплекса (250-230 млн лет) (Юрецкий, 1982, Варлаков, 1998).

Материал для нашего исследования был отобран на проявлении корунда-наждака «5-я верста», не входящего в состав собственно Борзовского месторождения. На этом участке среди кварцито-сланцев сайтовской серии обнажены тела мета-гипербазитов с линзами кыштымитов. Проявление расположено западнее города Касли Челябинской области в 2,6 км от дороги Миасс-Екатеринбург. Опробованная жила кыштымитов представляет собой линзовидное тело, вскрытое обнажением мощностью 3 м. Вмещающими породами являются мета-гипербазиты, сложенные преимущественно энстатитом. На контакте с вмещающими породами присутствует реакционная кайма (10-25 см), состоящая из хризотил-асбеста.

Кыштымит – высокоглиноземистая кремний-недосыщенная порода (среднее содержание Al_2O_3 – 36.38 вес. %, SiO_2 – 45.53 вес. %). На классификационной диаграмме магматических горных пород (Сох., et al., 1979), химические составы кыштымита попадают в поле щелочных горных пород – йолитов, щелочных габбро и сиенит-диоритов.

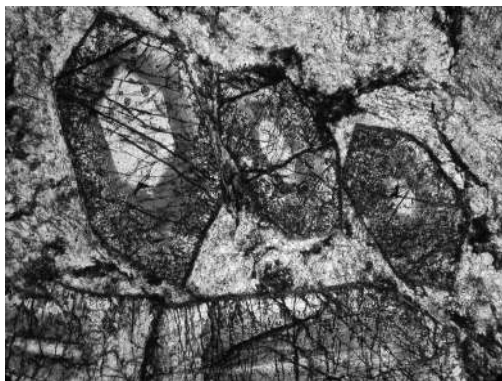


Рис. 1 Дипирамидально-призматические кристаллы корунда в мелкозернистой плагиоклазовой массе (размер первого кристалла слева - 1мм, Николи параллельны).

Кыштымит состоит из идиоморфных зерен корунда (до 50 об. %), плагиоклаза - битовнита, анортита и/или андезина (30-50 об. %), до 10 об. % породы составляют мусковит, клинохлор и клиноцоизит. Среди аксессуарных минералов обнаружен циркон. Структура породы порфировидная: крупные кристаллы корунда располагаются среди мелкозернистой массы, состоящей из плагиоклаза, мусковита, клинохлора, и клиноцоизита. Кристаллы корунда дипирамидально-призматического габитуса (рис.1), вытянутые по оси *c*, размером до 5-7 мм. Корунд прозрачный с ярко-синей каймой, синяя окраска связана с наличием микропримесей Fe^{3+} и/или Fe^{2+}/Ti^{4+} в составе корунда. Плагиоклаз образует мелкозернистую массу, равномерно распределенную по всему объему породы. Клинохлор и мусковит встречаются в виде мелких чешуйчатых кристаллов. Дальнейшее исследование геохимии корунда *in situ* в коренных породах поможет решить фундаментальную проблему петрогенезиса синего сапфира в россыпных месторождениях мира.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации (№ проекта МК-4459.2018.5).

Литература

Варлаков А.С. Типы метаморфических преобразований альпинотипных гипербазитов Урала. Уральский минералогический сборник. № 8, С. 227-239, 1998.

Клер М.О. Корунды и наждаки на Уралѣ. Уральский техник. №7-9, С. 1-17, 1918.

Краснобаев А.А., Пужаков Б.А., Петров В.И., Бушарина С.В. Цирконология метаморфитов кыштымской-аракульской толщ сысертско-ильменогорского комплекса. Труды Института геологии и геохимии им. Акад. А.Н. Заварицкого. 2009. № 156. С. 264-268.

Колесник Ю.Н. Королюк В.Н. Лаврентьев Ю.Г. Шпинели и рудные минералы Борзовского месторождения корундовых плагиоклазитов. ЗВМО. Ч. 103. Вып. 3, С. 373-378, 1974.

Юрецкий В.Н., Петров В.И., Кузнецов Г.П. Отчет Ильменского геологосъемочного отряда о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000 Ильменогорской площади. УНЦ АН СССР Ильменский государственный заповедник им. В.И. Ленина, 1982 г.

Cox, K. G., Bell, J.D, Pankhurst, R.J. The Inter. of Igneous Rocks. London, U.K. 1979.

Giuliani G, Ohnenstetter D, Fallick AE, Groat L, Fagan A.G. The geology and genesis of gem corundum deposits. In: Groat LA Geology of Gem Deposits, 2nd ed. Miner. Association of Canada Short Course Series, Vol. 44, P. 29-112, 2014.

Sorokina E.S., Koivula J.I., Muiyal J., Karampelas S. Multiphase fluid inclusions in blue sapphires from the Ilmen Mountains, southern Urals. Gems and Gemology, № 52(2), P. 209-211, 2016.

Sorokina E.S, Karampelas S, Nishanbaev T.P., Nikandrov S.N., Semiannikov B.S. Sapphire Megacrysts In Syenite Pegmatites From the Ilmen Mountains, South Urals, Russia: New Mineralogical Data. The Canadian Mineralogist, №55(5), P. 823-843, 2017.

ТИПИЗАЦИЯ АВСТРАЛИЙСКИХ МАТРИЧНЫХ ОПАЛОВ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ ПОРИСТОСТИ

Ахметшин Э.А., Фурсова А.Н.

4966945@mail.ru, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Благородные матричные опалы представляют собой опализированные породы, в структуре которых опаловое вещество представлено благородными разностями и в основном выполняет роль цемента. Несмотря на визуальную схожесть, те или иные разновидности имеют существенное различие по пористости, удельной поверхности, составу и требует разной степени облагораживания. Среди Австралийских матричных опалов выделяют такие типы [1], как *solid matrix opal*, *concrete matrix opal* и *sandstone opal*.

Матричные опалы обладают яркой опалесценцией, обычно светло окрашены, тогда как темные опалы осадочного происхождения встречаются редко. Поступающие на ювелирный рынок черные матричные опалы, как правило, подвергаются предварительно облагораживанию – карбонизации, позволяющей улучшить цветовые характеристики и придать привлекательную чёрную окраску. Карбонизация – простейший процесс модифицирования окраски, заключающийся в пропитке минеральных образований раствором сахаридов и дальнейшем углефицировании их в пористой системе породы серной кислотой [2,3]. Образующиеся сажистые формы углерода представляют собой пигмент черного цвета, придающий темный оттенок.

Для получения данных по пористости проведены исследования удельной поверхности и пористости методом низкотемпературной адсорбции азота. Изучена просветность структуры матричных опалов в петрографических шлифах, с применением метода декорирования проникаемых пор, которая равна отношению площади полного сечения порового пространства к общей площади произвольного сечения элементарного объема пористой среды:

$$P_{fo} = \frac{F_p}{F_p + F_m} = \frac{F_p}{F_o},$$

где F_p – площадь полного сечения порового пространства (просвет структуры); F_m – площадь сечения структурной матрицы; F_o – общая площадь произвольного сечения элементарного репрезентативного объема пористой среды [3].

Для того чтобы найти площадь сечения порового пространства, шлифы опалов были покрашены с одной стороны и оставлены на сутки для полного впитывания через открытые поры. Изготовленные петрографические шлифы, были изучены на поляризационном микроскопе МИН-8 при увеличении 9х0,20 и найдена площадь поровой среды.

Солид мэтрикс опалы (*solid matrix opal*) – представляют собой плотные опализированные образования, которые практически не содержат в себе поры, видимые невооруженным глазом. С петрографической точки зрения солид мэтрикс опалы представляют собой, так называемые аргиллиты и алевролиты, реже мергели, содержащие незначительное количество карбонатных составляющих, тонкообломочные, глинистые минералы, где опал может выступать в качестве цемента и в качестве отдельного наполнения. По данным рентгенофазового анализа содержат кварц, слюды, кальцит, доломит, тримимит и кристобалит (два последних входят в состав опала). По данным исследования пористости и удельной поверхности солид мэтрикс опалы характеризуются минимальной пористостью. Пористость солид мэтрикс опала, изученная через петрографические шлифы, равна 0,52%. Значение удельной поверхности по методу БЭТ = 0,2139 м²/г, следовательно, по классификации пористых тел исследуемый образец относится к макропористым телам. Изотерма адсорбции относится к Н4 типу по классификации петль гистерезиса де Бура, что встречается у слоистых структур с порами близкого размера и у материалов с развитой микропористостью [4].

Опалы конкрит (*concrete matrix opal*) – матричные опалы, которые характеризуются мелкозернистой структурой, наличием большого количества пор, существенно кварцевым

составом, легко карбонизируются, однако, обладают меньшими прочностными характеристиками, на заключительных стадиях шлифовки обрабатываются с трудом и плохо или почти не поддаются полировке без предварительного импрегнирования. Конкрит опалы представляют собой кварцито-песчаники с размерами зерен 0,25–0,1 мм. Состав матрицы – как правило, чисто кварцевый, зерна округлые, хорошо окатанные. Цементация осуществляется благородным опалом с частичным заполнением пор, а также кальцитом. Удельная поверхность = 0,8208 м²/г, что по классификации пористых тел соответствует макропористым телам, также как и в случае с солид мэтрикс опалом, но пористость у конкрит мэтрикс опала выше и равна 6,7%. По изотерме адсорбции относится к материалам со слоистой структурой с порами близкого размера и с развитой микропористостью [4].

Сендстоун опал (sandstone opal, “fairy opal”), у которого еще более мелкозернистая структура, представляет собой плохо сцементированный песчаник, содержащий отдельные прожилки, рыхлый цемент из благородного опала и лимонита, наименее прочный из всех. По данным исследования пористости обладают самой высокой пористостью = 18,6% и удельной поверхностью = 23,7485 м²/г из всех матричных австралийских опалов, что соответствует мезопористым телам. Изотерма адсорбции относится к НЗ типу по классификации петель гистерезиса де Бура, что встречается у слоистых структур с различными размерами пор [4].

Выводы:

1. Все три группы австралийских матричных опалов существенно отличаются по пористости. Солид мэтрикс опалы характеризуются пористостью равной 0,52%, пористость у конкрит мэтрикс опала выше и равна 6,7%, а самой высокой пористостью обладают сендстоун опалы, которая равна 18,6%.
2. Типизация австралийских матричных опалов по пористости соответствует раннее предложенной классификации по минералого-петрографическим характеристикам [1].
3. Характер пористости является важным критерием для выделения типов матричных опалов, который имеет важное практическое значение для ювелирной промышленности при облагораживании, оценке и использованию австралийских матричных опалов.

Литература:

1. Ахметшин Э.А., Филиппов В.В., Фурсова А.Н. Типизация благородных матричных опалов. XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле», Москва, 2017 г.– Т. 1. – М. : МГРИ-РГГРУ, 2017.
2. Ахметшин Э.А., Билалова И.А. Облагораживание ювелирных матричных опалов. XII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле», Москва, 2015 г.– Т. 1. – М. : МГРИ-РГГРУ, 2015, с. 328
3. Технология облагораживания ювелирных камней и материалов. Применение пигментов и химическое травление: учеб.пособие / Э. А. Ахметшин, А. Г. Чередниченко. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017. – 60 с.
4. Шитов В., Москалев П. Математическое моделирование пористых структур. – Litres, 2017.
5. Методичка № 5063 | Гаврилова Н.Н. Анализ пористой структуры на основе адсорбционных данных : Учебное пособие / Н.Н. Гаврилова, В.В. Назаров, 2015. – 131 с.

РОЛЬ ГЕММЫ В ДЕКОРАТИВНО-ПРИКЛАДНОМ ИСКУССТВЕ

Чужанова Т.Ю., Кикнадзе Я.С.

tvonarb@gmail.com, yanina.paint@mail.ru, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия

Гемма – это своеобразный, миниатюрный мир в себе, со своими законами и традициями. Гемма (лат.) – камень-самоцвет, позже общее наименование резных камней. В настоящее время миниатюрные произведения из полудрагоценных камней называются геммами. В истории геммологи – инталия (камни с углубленными изображениями) намного древнее камней (камни с выпуклыми рельефными изображениями).

В древности инталии служили печатями, поскольку углубленная резьба давала возможность делать с них оттиски. Миниатюрные, искусно украшенные инталии, имели практическую функцию: оттиски в воске давали миниатюрные рельефы, которые использовались в первую очередь вместо подписи. В этом и заключается основная причина широкого распространения в античный период резных камней.

Проанализируем, какие минералы использовались для создания резных камней. В начальный период для изготовления печатей в технике инталия использовались скромные по расцветке минералы – серые халцедоны. Позднее, когда миниатюрная резьба по цветным минералам достигла высокого мастерства, инталии стали исполнять на полупрозрачных камнях: марганцевых аметистах, красных и оранжевых сердоликах.

В результате полупрозрачный цветной минерал, пропуская солнечный цвет, изумительно обогащал тончайшую виртуозную резьбу мастера. Красота природного материала гармонично сочеталась с техникой инталии. Эта был первый этап перехода от чисто функциональной инталии из невзрачного халцедона (печати) к эстетической функции. Подчеркнем, что именно инталия, исполненная на полупрозрачных минералах – аметистах и сердоликах, совмещала красоту резного камня и функциональные задачи (печать) максимально выразительно.

Завоевательные походы Александра Македонского на Восток позволили резчикам разнообразить прежде скромные по расцветке материалы яркими цветными камнями. Везде, где прошел Александр Македонский из Греции на Восток – начинался процесс эллинизации: художественный опыт народов Средиземноморья и Ближнего Востока, но лидировало эллинизация – главная движущая сила античного искусства. В искусстве получили преобладающее значение греческие традиции, распространялись греческая архитектура и искусство, греческий язык и образ жизни.

Следующей этап в искусстве геммы – это создание выпуклой рельефной резьбы по камню – камеи – связан с эпохой эллинизма (конец 4 - 1 вв. до н.э.). Камень не имеет уже функционального назначения, в отличие от инталии, кроме эстетической функции. Рассмотрим причину возникновения новой техники резьбы по цветным минералам. Роскошь при дворах эллинистических монархов повлияла на стиль эпохи и на искусство геммы. Поэтому в эллинистический период появился новый способ изготовления геммы. Камеи отвечали стремлению к роскоши, к богатым по материалу и дорогим по затраченному на них колоссальному труду украшениям.

Наиболее прочной из эллинистических держав (Пергамское царство, Родоса, Пальмира и др.) оказался эллинистический Египет, где царствовала династия Птолемеев. Наивысший расцвет Египта периода правления Птолемеев относится к 3 в. до н.э. Египет позже всех эллинистических государств - стран Средиземноморья, был завоеван Римом (30 г. до н.э.). Главный город египетского царства Птолемеев - Александрия стала подлинной столицей всего эллинистического мира. Первые камеи из многослойного агата начали вырезать именно в Александрии, при дворе Птолемеев (конец 4 -3 в. до н.э.).

Из царствующей династии Птолемеев в эллинистическом Египте первыми были супружеская пара Птолемей и Арсиноя. В период их правления в Александрии (центр

производства камей в Египте) в технике камей был создан парный портрет Птолемея и Арсиной (3 в. до н.э., многослойный сардоникс). Это произведение следует отнести к числу первых художественных находок александрийских резчиков камей.

В камее Птолемея и Арсиной художник создал виртуозный образец живописи в камне. Многослойные минералы позволяют использовать широкую гамму тонов и их переходов, учитывая тончайшие нюансы. Колористические возможности многослойного сардоникса сочетают в камее пластические свойства скульптуры (рельеф) и колорит картины. В целом, камей с выпуклыми рельефами стали «живописью в камне».

Рельефные полихромные камей вырезались на твердых минералах. В камее Птолемея и Арсиной использован крупный кусок арабского сардоникса. Сардоникс – разновидность агата характеризуется чередованием красно-бурых и белых полос. Сардоникс (лат.) – это римское наименование разновидности двухслойного агата.

Агат - материал более твердый, чем сталь. Резчик должен был прибегать к помощи еще более твердых минералов, служивших абразивом. Размельченный корунд или алмаз под быстрым вращением врезался в поверхность камня, и таким образом вырезалось изображение. Как капля точит камень, так медленно абразив снимал слой за слоем с куска агата. Чередование полихромных слоев открывалось резчику только в процессе работы, так что какие-либо поправки были невозможны. Меняя полировку поверхности камня, резчик придавал шлему – холодный блеск металла, а лицу – матовость живой плоти. Меняя толщину верхнего светлого слоя минерала, мастер заставлял просвечивать сквозь него нижний, темный слой. Так создавалось впечатление светотеневой моделировки, с помощью нюансов обогащалась цветовая гамма изначально двух- или трехслойного агата – сардоникса. Крупные камей – это «картины из агата», они требовали многолетней работы.

Камея Птолемея и Арсиной – это очень крупная камея (15x11 см) из агата делалась не один год, и работа стоила очень дорого. В данном случае, гемма с портретным изображением правителей Египта Птолемея и Арсиной выполняет не только эстетическую функцию, а имеет характер официального заказа. Царственно роскошные крупные камей в целом прославляют властителей древнего мира – тех, кто имел возможность оплатить стоимость редкого минерала и многолетнего труда резчика. Очень крупные камей не могли использоваться ни в качестве печати, ни в виде амулета. Это были заказные работы, служившие царскими дарами в храмы или дополнявшие пышный убор владык.

Мода на резные камни повлекла за собой массовое изготовление простых и дешевых печатей среднего качества в разных концах обширной Римской империи (конец I в. до н.э. – начало I в. н.э.). Это последний взлет искусства геммы, но художественный уровень резьбы в местных камнерезных мастерских Римской империи не мог удержаться на прежней высоте. С конца I в. до н.э. популярность приобретают твердые камни – никола (разновидность агата), сердолик и гранат.

Главное открытие греков – искусство как подражание природе – осталось чуждым восточному миропониманию, но именно оно легло в основу художественного языка искусства геммы и всей европейской художественной культуры в целом.

Литература

1. Неверов О.Я. Геммы античного мира. - М. : Наука, 1983. - 144 с.
2. Неверов О.Я. Античные камей / [Гос. Эрмитаж]. - СПб. : Искусство-СПб., 1994. - 278 с.
3. Мир в миниатюре. Геммы из собрания ГМИИ им. А.С. Пушкина : [каталог выставки, 21 августа - 7 октября 2012 года / авт. текстов: Л.И. Акимова и др.]. - Москва : ГМИИ, 2012. - 239 с.
4. Берзина С. Я. Древние геммы Востока = Ancient gems of the East / С.Я. Берзина; [Гос. музей искусства народов Востока]. - Москва : Памятники исторической мысли, 2010. - 206 с.

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИРОДА ОКРАСКИ БЕРИЛЛОВ ИЛЬМЕНСКИХ ГОР

Шакирзянова К.Р., Мухаметшин А.В., Лопатин О.Н

ksushahs@mail.ru, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт геологии
и нефтегазовых технологий, г. Казань, Россия

Благородные разновидности природного берилла $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, которые имеют высокие ювелирные качества – яркий блеск, разнообразную окраску, высокую твердость и довольно крупные размеры кондиционных кристаллов, уже давно используются как ограночный материал и повсеместно применяются в ювелирных целях.

Берилл представляет собой кольцевой силикат бериллия и алюминия $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Структура берилла состоит из колец $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$, соединенных через атомы Be и Al. Кольца образуют вытянутые вдоль оси шестого порядка колонки, связанные бериллиево-кислородными тетраэдрами и алюмокислородными октаэдрами. Характерной особенностью структуры минерала является наличие емких полостей-каналов, которые объясняют возможность широкого проявления гетеровалентного изоморфизма с вхождением ионов-компенсаторов. Большие каналы могут вмещать молекулы воды, крупные щелочные и щелочноземельные катионы. Для структуры берилла характерно частичное замещение атомов Be^{2+} на Li^+ и Mg^{2+} . Изоморфизму подвержены и ионы Al^{3+} в октаэдрических позициях структуры, которые могут быть замещены трех- и двухвалентными катионами: $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, Cr^{3+} , Mg^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Si^{4+} . В качестве ионов-компенсаторов в каналы структуры входят крупные катионы щелочных металлов (Na^+ , Cs^+), а также группы $(\text{OH})^-$, молекулы H_2O , ионы F^- и др.

По цвету различают такие разновидности берилла: аквамарин — голубой, голубовато-зеленый, зеленовато-голубой, цвет обусловлен наличием ионов Fe^{2+} ; изумруд — густо-зеленый, ярко-зеленый, меньше травяно-зеленый, из-за входящего в него ионов Cr^{3+} ; воробьевит (морганит, биксбит) — красный, розовый, фиолетово-розовый, что обусловлено содержанием в нем ионов Mn^{3+} , гелиодор (давидсонит) — желтый, золотисто-желтый или оранжево-желтый, с содержанием ионов Fe^{3+} .

Кристаллохимические особенности описанных бериллов были изучены методами адсорбционной оптической спектроскопии в специализированной лаборатории Казанского федерального университета. Лабораторный модуль включал в себя источник света, монохроматор МДР - 4, кварцевый световод, микроскоп МИН - 8 и блок регистрации – ФЭУ - 79, работающий в высокочувствительном режиме «счета фотонов». Регистрация оптических спектров поглощения бериллов осуществлялась по зонам, в режиме оптико-спектроскопического микронного сканирования.

В ходе проведенных исследований были проанализированы оптические спектры поглощения собственно берилла, а также аквамарина и гелиодора из месторождений Ильменских гор и исследована природа их окраски. Образцы для исследований были отобраны в процессе полевых сезонов из пегматитовых жил Ильменского заповедника. По литературным данным местные пегматитовые жилы, несущие бериллиевую минерализацию относятся к редкометалльному генетическому типу. Пространственно Ильменское пегматитовое поле находится в зоне контакта щелочных нефелиновых сиенитов (миаскитов) Илментау и гранитоидов Чашковских гор, и расположено во вмещающем комплексе гранито-гнейсов протерозойского возраста.

Оптические спектры поглощения всех изученных бериллов из пегматитовых жил Ильменских гор оказалась схожими, что определяется хромофорной ролью элементов группы железа. А именно, в спектрах поглощения изученных кристаллов берилла преобладающими в видимом диапазоне длин волн 400 - 800 нм являются полосы поглощения при 410, 460 и 660 нм.

Оптические спектры поглощения изученных бериллов Ильменских гор являются стандартными и аналогичными описанным ранее в литературных источниках. Типичный спектр поглощения ильменского берилла, отобранного на Блюмовской копи имеет спектр с интенсивным поглощением на длине волны ~ 410 нм с переходом в ультрафиолетовую область. Данное интенсивное поглощение в коротковолновой области вызвано присутствием в структуре берилла ионов Fe^{3+} , а именно с переносом заряда $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$. Так же в оптических спектрах данных бериллов имеется полоса поглощения на длине волны 440 – 450 нм. В ближайшей инфракрасной области спектра фиксируется широкая и интенсивная полоса поглощения с максимумом при длине волны 780 - 824 нм, обусловленная разрешенным по спине электронным переходом ${}^5\text{T}_2 \rightarrow {}^5\text{E}$ в ионах Fe^{2+} , изоморфно замещающих ионы Al^{3+} в октаэдрических позициях структуры.

Оптические спектры поглощения аквамаринов Ильменских гор отличаются от спектров стандартных бериллов сдвинутой на 5 - 10 нм полосой поглощения при длине волны 450 - 470 нм и более интенсивным поглощением в зоне близкой к 800 нм. Это означает, что содержание ионов двухвалентного железа в аквамаринах больше такового в стандартных бериллах Ильменских гор. Очевидно, что аквамарины пегматитов Ильмен были сформированы в относительно восстановительных условиях пегматитообразования.

Гелиодоры имеют более четко выраженные отличия в оптических спектрах поглощения. За счет совокупного поглощения в коротковолновой области и инфракрасном диапазоне длин волн окно пропускания в спектрах гелиодоров, находящееся при 440 нм, имеет меньшие размеры. Спектр поглощения в целом имеет более плавную конфигурацию, без резких перепадов и сателлитов. Следует отметить, что в оптических спектрах поглощения изученных гелиодоров определяющим по интенсивности является коротковолновое поглощение, связанное с переносом заряда лиганд \rightarrow металл: $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$. Это позволяет предположить, что по сравнению со стандартными бериллами и описанными выше аквамаринами гелиодоры пегматитовых жил Ильменских гор формировались в условиях повышенного окислительного потенциала среды минералообразования.

Таким образом различие в колориметрических параметрах разновидностей берилла зависит от места и обстановки формирования кристаллов. Цвет разноокрашенных кристаллов берилла является чутким индикатором окислительно-восстановительного потенциала среды пегматитообразования.

Литература

Бахтин А.И., Оптическая спектроскопия минералов и руд и ее применение в геологоразведочных работах: книга / Бахтин А.И., Горобец Б.С. – Казань: Издательство Казанского университета, 1992. – 232с.

Платонов А. Н., Природа окраски самоцветов: книга / Платонов А.Н., Таран М.Н, Балицкий В.С. – Москва: Издательство Недр, 1984. – 196с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭМАЛЕВИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ГОРЕЛЫХ ПОРОД

Юрьева Л.В., Лобацкая Р.М.

lenochka_russ@mail.ru, Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет, г. Иркутск, Россия

В настоящее время существует огромное количество попутных продуктов промышленных предприятий занимающихся угольной добычей. Одним из таких продуктов являются горелые породы (горелики), в составе которых преобладают алевролиты, имеющие преимущественно углистый и слабо углистый состав. Горелики формируются в недрах земли при возгорании пластов угля или горят в природных отвалах, нередко приобретая эстетически привлекательные яшмоидные текстуры [1]. Ранее авторами при их изучении было выявлено более 10 разновидностей с разнообразными геммологическими и технологическими свойствами, зависящими от минералогического состава углесодержащих пород и вида их переработки [2].

В процессе исследований выявлено, что около 40-45% горелых пород обладают высокой дизайнопригодностью, благодаря высокой декоративности, обеспеченной широким разнообразием цветовых, структурных и текстурных характеристик. Среди декоративных групп гореликов довольно существенный объем занимают низкодекоративные, характеризующиеся монотонными цветами и отсутствием ярко выраженной текстуры, отказ от использования, которых существенно снижает интерес к добыче и использованию горелых пород как таковых. Именно поэтому наши усилия были направлены на поиск приемлемых технологических приемов для использования низкосортного сырья наряду с высокосортным.

Так, было решено сделать попытку их применения не для распиловки и полировки целостных образцов, а в виде порошка, вместе с отходами, получающимися при обработке высокодекоративных разновидностей и, тем самым, предложить путь практически безотходного использования горелых пород в дизайне.

Оказалось, что порошок горелых пород обладает хорошей абсорбционной способностью, позволяющей смешивать его мелкодисперсные фракции с эпоксидными смолами. Такой композитный материал при застывании дает эмалевидную массу, что дало основание к исследованию возможностей ее использования в качестве декоративных покрытий. В процессе экспериментов, направленных на получение имитаций художественных эмалей и защитных покрытий, осуществлялся подбор размеров зерен порошка, составов эпоксидных смол и температурных режимов их смешивания. Выявлено, что тонко дисперсный порошок в эпоксидной смоле не выпадает в осадок, дает однородную эмалевидную смесь, которая сохраняет цвет исходных образцов породы, использованных для измельчения.

Следующий этап экспериментов был направлен на выявление сцепляемости полученных имитаций эмалей с различными металлами, а также на определение плотности, прочности, износостойкости и дизайнопригодности покрытия.

Сцепляемость эмалевидных покрытий с металлами изучалась при их нанесении на пластины из латуни, мельхиора и нейзильбера. На подготовленные пластины толщиной 0,5 мм размером 2x2 см напаялась проволока по периферии, которая выступает в качестве перегородок, поскольку по технологическим и конструктивным особенностям ювелирных изделий большое применение находят выемчатые и перегородчатые эмали. Толщина эмалевидного покрытия на подготовленных пластинах 1 мм. Прочность сцепления металла со смолой выявлялась путем деформации пластины методом сжатия с прогибом с помощью статической испытательной машины КСИМ-40. Пластины помещались на стальную основу с V-образной канавкой, после чего сверху накладывался стальной прут, который в процессе эксперимента прижимался прессом с постепенной нагрузкой до 40 кН.

В результате экспериментов выявлено, что сцепление эмали с тремя видами металлических пластин достаточно устойчивое – покрытие не отскакивает от поверхности всех видов металлов. При деформации на сгиб с нагрузкой более 1,5 кН и линейной

деформации 1,5 – 2 мм на эмалевидном покрытии проявляются незначительные трещины в местах сгиба пластины, а при больших нагрузках в месте где поверхность полностью соприкасается с металлическим стержнем покрытие равномерно распространяется по всей поверхности.

Хорошее сцепление имитации эмалей с металлической поверхностью связано со свойствами эпоксидных смол, которые обладают высокой клеящей способностью, и могут использоваться практически для любого материала. Поверхность металла в случае нанесения эмалей из гореликов не требуется тщательно обрабатывать в отличие от ювелирной эмали. После застывания имитации эмали не требуется дополнительная обработка поверхности, она сразу же имеет презентабельный вид, чего не скажешь о ювелирной эмали, для которой требуется дополнительная шлифовка. Единственным недостатком имитации является то, что ее невозможно хранить в готовом виде, так как в течении 6 часов она застывает и не может использоваться в дальнейшем. Работать с такой эмалью можно в течении 90 минут после заливания отвердителя, поскольку далее она становится очень густой и с ней невозможно работать.

Износостойкость поверхности эмалевидных покрытий оценивалась с помощью стандартного универсального твердомера модели HBRV-187.5 по методу Бринелля. Эксперимент проводился на трех образцах в основе которых была металлическая подложка из нейзильбера, на которую наносилось эмалевидное покрытие разной толщины 0,5, 1 и 2 мм. Твердость измерялась с помощью металлического шарика из закаленной стали диаметром 5 мм при нагрузке 30 Н. В результате эксперимента на поверхности покрытий образовывалась выемка, измерялся ее диаметр, далее с помощью которого определялись значения твердости.

Выявлено, что поверхность эмалевидного покрытия обладает твердостью 17, которая схожа с твердостью таких различных видов древесины, керамики. Толщина эмали на поверхности металлической пластины практически не влияет на показатели твердости.

Поскольку низкодекоративные горелые породы имеют ограниченную цветовую гамму преимущественно кирпично-красного цвета разных оттенков, проведены эксперименты по улучшению цветовых особенностей покрытий. Для этого выполнены эксперименты по подбору подходящих красителей для окрашивания эпоксидной смолы. Основным фактором пригодности красителей для эмалевидных покрытий являлось полное застывание эпоксидной смолы без нарушения прочностных свойств материала. Для окрашивания эпоксидной смолы использовались различные виды красителей: органические красители в виде порошков, витражные краски, акриловые, гуашевые и акварельные краски.

Проведенные эксперименты дают основание на проведение сравнительного анализа декоративных эмалевидных покрытий с ювелирной эмалью и выявлено, что новый вид имеет ряд преимуществ перед традиционными ювелирными эмальями. Они более просты в обращении, не требуют сложной предварительной подготовки и последующей отделки, ложатся на поверхности широкого спектра материалов, но имеют и некоторые недостатки. Прежде всего, это невозможность их хранения и необходимость приготовления непосредственно перед применением, что связано с дополнительными временными затратами. Другим недостатком является ограниченная цветовая гамма, включающая серые и оранжево-красные оттенки, обусловленные цветом исходных горелых пород.

Сравнительный анализ технологии нанесения и изготовления эмалевидных покрытий из горелых пород и ювелирной эмали показывает, что разработанные приемы вполне могут быть использованы в изготовлении украшений и сувенирной продукции.

Список литературы:

1. Маркова Л.В., Лобацкая Р.М., «Использование горелых пород в качестве поделочных материалов» // Сборник научных трудов XVI Всероссийской конференции по направлению «ТХОМ» - Москва: Издательство МАМИ, 2014. – с. 212-214.
2. Маркова Л.В., Лобацкая Р.М., «Особенности горелых пород угольных месторождений и перспективы их использования в дизайне» // Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции по направлению «ТХОМ» - Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2015. – с. 225-229.

S-V

**СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ, ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ТВЕРДЫХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИИ**

РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ГЕЛИО-БИО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ

Белов С. В.

belov.s-2011@yandex.ru, ООО «ОЗГЕО», Москва, Россия

Рудообразование – процесс энергозатратный [1] и увеличение числа месторождений с течением времени [2,3], было бы невозможным в рамках прокантовских гипотез об «умирающей» остывающей Земле. От древних эпох к молодым растут: темпы щелочно-ультраосновного магматизма и карбонатитообразования, темпы кимберлитового магматизма и алмазообразования [4,5], число щелочных массивов, масштабы глобального вулканизма [6], скорости перемещения литосферных плит, масштабность рифтогенеза [1], скорость седиментации в океанах, соотношение изотопов стронция в водах Мирового океана, которое отражает возрастающую активность земных недр, масштаб дрейфа Сибирской платформы и т.д. Аналогичные примеры можно продолжать. Все они отражают общее нарастание эндогенной активности Земли. О том, что этот процесс происходит и в современную эпоху свидетельствуют: увеличение числа землетрясений и извержений вулканов, нарастание скорости дрейфа северного магнитного полюса, увеличение масштабов глубинной дегазации Земли [8] и т.д.

Все эти факты свидетельствуют, что Земля не мёртвая планета, которая остывает и процессы в ней затухают. Наоборот! Энергетика её нарастает. Она испытывает энергетическую подпитку. Но, как известно, энергия и масса тесно связаны. Удивительным, на первый взгляд, является такой факт: масса живого вещества, образованного за много миллиардную историю Земли составляет от 6,5 до $9,2 \times 10^{21}$ тонн, а это в 1,1-1,5 раза превышает массу всей нашей планеты. Это кажется невероятным и парадоксальным. Однако приходится признать: в наносах и осадочных толщах погребено огромное количество органического вещества. Возникает вопрос: куда девается огромная масса этого вещества? Ответ на него даёт геология, из данных которой известно, что в ходе длительной геологической истории происходит своеобразный круговорот вещества, когда образовавшиеся в ходе литогенеза осадочные породы, погружаясь в глубины Земли, под воздействием давления и температуры превращаются в метаморфические толщи, из которых затем при ультраметаморфизме образуются магматические выплавки. Остынув, они формируют магматические горные породы, которые, в свою очередь, будучи выведены на поверхность Земли эрозией, разрушаются и вновь образуют осадочные толщи, содержащие органическое вещество. Подтверждением реальности предложенного механизма является биогенный изотопный состав углерода в алмазах из кимберлитов, установленный Г.К. Хачатрян [9]. Так миллиарды лет работает этот своеобразный био-геологический конвейер по переработке живого органического вещества в косное, постепенно увеличивая массу земного шара.

О нарастании массы Земли с течением времени и меньшем значении силы тяжести в ранние геологические периоды свидетельствует гигантизм биоты прошлого. Таким образом, сегодня геология обладает многочисленными данными об увеличении размеров и массы Земли, усилении её эндогенной активности. Всё это свидетельствует об антиэнтропийном характере развития нашей планеты и её энергетической подпитке извне. Эта подпитка происходит от Солнца, преимущественно за счёт трансформации солнечной энергии в биомассу в ходе фотосинтеза. Количество ежегодно запасаемой растениями энергии необычайно огромно. И это достигается тем, что площадь зелёного трансформационного аппарата, а попросту говоря, поверхность листьев, водорослей и стеблей трав, в зависимости от времени года в 10-40 тысяч раз (!) больше площади всей поверхности Земли. Таким образом, наше светило, передавая свою энергию Земле, обеспечивает не только функционирование её биосферы, но и увеличение массы планеты, путём трансформации

живого вещества в косное. Изложенная выше модель своеобразного био-геологического конвейера позволяет внутренне непротиворечиво объяснить причины и механизм расширения Земли, а также рост её массы за счёт поступления энергии Солнца [10,11]. То есть, имеются все основания полагать, что живое и неживое вещество являются различными формами существования материи. Это заключение, в свою очередь, неизбежно приводит нас к выводу о вечности жизни. Данная мысль впервые была высказана В.И. Вернадским. В своей работе «Биосфера и ноосфера» [12], академик писал: «Идеи существование начала жизни, вошли в науку из религиозно-философских исканий. Но никогда в течение всех геологических периодов не было и нет никаких следов абиогенеза (т.е. создания живого организма из мертвой, косной материи)». И подводя итог, В.И. Вернадский заключает: «Проблема о начале жизни...теряет научное значение, подобно тому, как нет научной проблемы о начале материи, электричества, энергии. Наука загадку начала бытия не решает, хотя бы потому, что начала этого и не было». Современные научные данные о бактериях с возрастом до 4,3 млрд. лет, а также находки их в метеоритах Ефремовка и Мурчисонский, и др., подтверждают то, что жизнь во вселенском масштабе существует, она теплица, даже в вымороженном, почти до абсолютного нуля, космическом холоде вакуума. Попадая в благоприятные условия, жизнь пробуждается и начинает акселерировать за счёт резкого возрастания скорости ферментативных реакций, составляющих основу жизнедеятельности клетки. Таким образом, жизнь является фундаментальным свойством материи, одной из форм её существования и изначально включена в процесс геологического развития Земли.

Литература

1. Наумов Г.Б. Энергетика процессов рудообразования // в сб.: Геология и полезные ископаемые мирового океана. М., 2008, с.40-55.
2. Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. Под ред. Рундквиста Д.В. Москва, ИГЕМ РАН, 2004 г, 430 стр.
3. Ткачёв А.В., Булов С.В., Рундквист Д.В. и др. ВЕБ-ГИС «Крупнейшие месторождения Мира» // Геоинформатика, 2015, № 1, с. 47-59.
4. Фролов А.А., Толстов А.В., Лапин А.В., Зинчук Н.Н., Белов С.В., Бурмистров А.А. Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерагения, прогноз). М.: «НИА-Природа», 2005, 540 с.
5. Белов С.В., Бурмистров А.А., Соловьёв А.А., Кедров Э.О. Информационная база данных: «Карбонатиты и кимберлиты мира»: опыт создания и использования для решения геолого-прогнозных задач // Геоинформатика. 2007. №2. С. 48-67.
6. Белов С.В. О периодичности современного и древнего вулканизма Земли // Докл. АН СССР. 1986. Т. 291. № 2. С. 421- 425.
7. Белов С.В., Симонова Е.М. Количественная оценка континентального рифтогенеза // Известия секции наук о Земле РАЕН, 2010. Вып. 19. С.13-16.
8. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация и глобальные катастрофы. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. — 250 с.
9. Хачатрян Г.К. Органическое вещество в алмазах их кимберлитовых источников: генетическая информативность // Руды и металлы, 2017, № 3, с. 77-84
10. Белов С.В. Парадоксы живого // Природно-ресурсные ведомости. 2016, № 12 (435), с. 8.
11. Белов С.В. Земля и человек: загадки, парадоксы, закономерности. Изд-во: Lambert Academic Publishing, 2018, 121 стр.
12. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера / Предисловие Р. К. Баландина. — М.: Айрис-пресс, 2004. — 576 с.

ПАЛЕОВУЛКАНЫ И РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

Дьяконов В.В.,* Котельников А.Е.**

mdf.rudn@mail.ru *МГРИ-РГГРУ, Москва РФ; **РУДН, Москва, РФ

Основная масса рудных полезных ископаемых, на поверхности литосферы Земли, находится среди магматических пород. Площади таких территорий огромны. По данным ряда исследователей (Якушева А.Ф., Хаин В.Е. 1988) магматические породы составляют 95% от общей массы пород в верхних слоях литосферы, 5% приходится на метаморфические и осадочные.

Основной структурой территорий, сложенных магматическими продуктами, являются крупные (до 100 и более километров в диаметре) палеовулканические сооружения. Аналогичные сооружения присутствуют и на остальных планетах Солнечной системы. Формирование палеовулканов на Земле, в период фанерозоя, происходило в три последовательных этапа: 1- извержение эффузивных продуктов основного состава, приводило к созданию щитового вулкана; 2- последующие извержения эффузивных продуктов кислого состава, из того же магматического канала, приводят к созданию стратовулкана; 3- формирование интрузивных тел внутри палеовулканического сооружения.

Продукты эффузивной деятельности, первых двух этапов, представлены тремя фациями - жерловыми, склоновыми и удаленными, располагающимися в строгой структурной последовательности - от центра палеовулканического сооружения к его периферии. Накопление продуктов трех фаций, в каждый эффузивный этап, происходило в один общий интервал времени. Границы между породами различных фаций постепенные, вследствие чего они входят в единое стратиграфическое подразделение, а не надстраиваются друг над другом. В целом, для магматических очагов палеовулканов, отмечается гомодромная последовательность развития. Все, вышеизложенное, характерно для палеовулканических сооружений на территории Полярного Урала. Здесь присутствуют сооружения двух тектономагматических циклов – салаирского (520-410 млн. лет) и каледонского (410-260 млн. лет). На Среднем Урале возраст палеовулканических сооружений каледоно-герцинский. На Южном Урале нами откартированы палеовулканические сооружения трех тектономагматических циклов фанерозоя - салаирского, каледонского и герцинского. Наиболее древней палеовулканической структурой (Салаирская эпоха тектономагматической активизации) является Медногорское сооружение, располагающееся в пределах Залаирского синклинория. В западной части Тагило-Магнитогорского синклинория располагается Гайское палеовулканическое сооружение, сформировавшееся, ввидувиду, в Каледонскую эпоху тектогенеза. В пределах Восточно Уральского поднятия (Восточное Оренбуржье) располагается крупное Жетыкольское палеовулканическое сооружение Герцинской эпохи активизации.

В пределах палеовулканических сооружений формируются рудные месторождения трех структурно-фациальных типов: 1- вулканогенные, в пределах присутствия жерловых и склоновых фаций; 2- интрузивные, связанные с заключительным третьим этапом развития палеовулканов, располагающиеся в склоновых и удаленных фациях; 3- вулканогенно-осадочные, связанные с гидротермальными проявлениями третьего, заключительного этапа развития палеовулканических сооружений, в пределах развития отложений удаленных фаций. Здесь же накапливаются переотложенные руды, сносимые на периферию сооружения при разрушении отложений жерловых и склоновых фаций.

Области развития жерловых фаций центральных кальдер, на сегодняшний день являются наименее изученными. Они подвержены интенсивному разрушению из-за

специфики накапливающихся пород, проявлениям интенсивной тектоники и наибольшей уязвимости геоморфологических форм рельефа. Размеры центральной кальдеры колеблются от 10 до нескольких десятков километров. Представляют собой овальные структуры, внутри которых располагаются многочисленные вулканические конусы и субвулканические некки. Для отложений жерловой фации характерно присутствие грубообломочных лавобрекчий и туфолов, игнимбритов.

В пределах центральных кальдер найдены уникальные месторождения меди колчеданного (Блява, Яман-Каса, Гай, Уруп) и порфирирового типов (Коунрад, Пebbел), золота (Воронцовское, Купол) и др.

Склоны вулканических сооружений, сложенные переслаивающимися потоками разнообразных лав, лахар, туфов, вмещают уплощенные интрузивные массивы, многочисленные дайки и субвулканические тела. В пределах территорий накопления склоновых фаций концентрируются крупные порфирировые месторождения (Чукикамата, Актогай) и колчеданные (Куроко) и золотые (Кваркенский золоторудный район).

Пространство от склона сооружения до его внешней границы, сложено вулканогенно-осадочными отложениями удаленной фации вулканизма. Здесь также формируются крупные месторождения меди (Удокан, Жезказган).

Воссоздание палеовулканических сооружений имеет свой методический алгоритм. Требуется значительных практических навыков в области мелко- и среднемасштабного картирования. Результаты таких исследований вносят значительный вклад в решение вопросов стратиграфии, магматизма и тектоники регионов.

Такой структурно-фациальный подход к изучению магматических отложений, позволил разработать оригинальный метод поисков погребенных и перекрытых рудных месторождений. Основой метода является специализированное палеовулканическое картирование в масштабе 1:500000 и 1:200000. В результате, выполненного исследования, составляется карта палеовулканических сооружений изучаемой территории. На ее основе выделяются перспективные площади, в пределах которых проводятся поисково-оценочные работы. Они включают в себя детальное геологическое картирование в масштабе 1:50000 и геохимическое опробование, с целью выявления первичных и вторичных ореолов рассеяния (в зависимости от обнаженности), над предполагаемыми подводящими гидротермальными каналами. Количество перспективных участков (как показывает опыт) размером в несколько квадратных километров, может составить несколько штук. Статистическая обработка полученных данных позволяет ранжировать участки по перспективности и передать их для геологоразведочных работ, обязательно включающих в себя скважины колонкового бурения. Основные публикации.

1. Дьяконов В.В. Позиция медно-порфирирового оруденения в палеовулканической структуре (статья) Журнал, М.: Докл.АН СССР, 1989, Т-304, №1 с.168-170.

2. Медно-порфирировые месторождения – условия локализации и поиска. Монография, М., Изд-во РУДН, 2010. 24 п.л. 1000 экз.

3. Дьяконов В.В., Котельников А.Е.и др. Выделение перспективных площадей и их оценка на основе уникального комплекса методов. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2012. № 2. С. 102-106.

4. Дьяконов В.В. Локализация порфирирового оруденения в палеовулканических сооружениях//Смирновский сборник. М. Maks press. 2015. С.56-65

5. Дьяконов В.В., Котельников А.Е. «эндогенные оруденения палеовулканических сооружений». М.: Из-во ВИМС. Разведка и охрана недр. 2016. №6. С. 25-27.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫБОРА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ

Волков А.В.

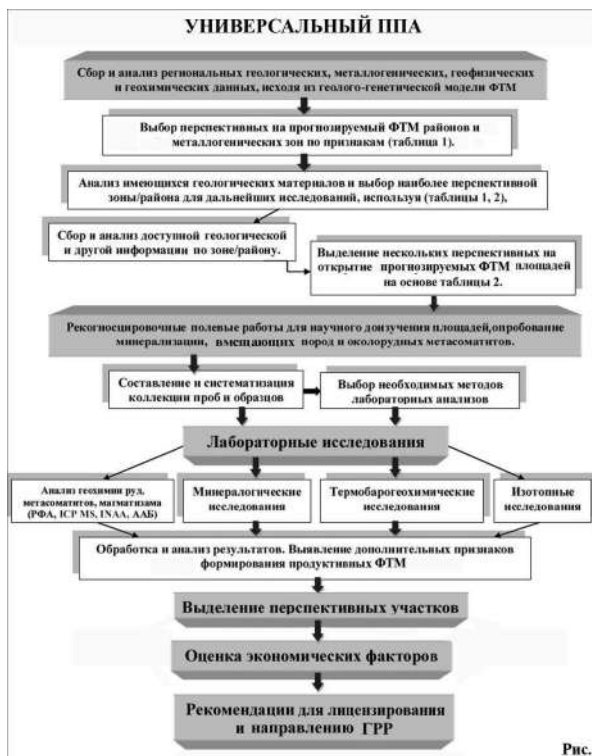
tma2105@yandex.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва, Россия

В «Стратегии развития геологической отрасли до 2020 года» обращается внимание на необходимость разработки новых подходов, научных теорий, методов и технологий поисков и разведки. При этом делается упор на выбор площадей и объектов для включения в перечень лицензирования по стратегическим видам полезных ископаемых. Прогнозные построения в мировой практике выполняются в рамках специально разработанных поисковых моделей, в основе которых лежит симбиоз между описательной и генетической моделями различных типов месторождений. В Канаде современные прогнозно-поисковые работы характеризуются, как "модельно-управляемая геологоразведка".

Понятие "алгоритм" относится к основным понятиям математики и известно с глубокой древности. В Википедии приведено следующее определение: "Алгоритм – это точно определенная инструкция, последовательно применяя которую к исходным данным, можно получить решение задачи. Для каждого алгоритма есть некоторое множество объектов, допустимых в качестве исходных данных". Представленный в докладе алгоритм – универсальный для всех типов рудных и нерудных месторождений направлен на повышение эффективности проведения поисковой стадии ГРР – открытие новых промышленных значимых типов месторождений стратегических видов минерального сырья и в конечном итоге на воспроизводство МСБ страны.

В универсальном прогнозно-поисковом алгоритме (ППА) используются геолого-генетические модели (ГТМ) с достаточной информацией, описывающей данный тип месторождения в любой точке мира. Основные задачи, решаемые ППА – обоснование металлогенетического прогноза и выбор направления геологоразведочных работ (ГРР) и объектов поисков. ППА предназначены для применения на прогнозно-поисковой и поисково-оценочной стадиях ГРР. Главная задача ГРР прогнозно-поисковой стадии – выявление комплекса поисковых критериев и признаков для выбора перспективных участков, где могут быть обнаружены промышленные месторождения. Главная задача ГРР поисково-оценочной стадии – оценка промышленной значимости выявленного оруденения.

Таким образом, ППА представляет собой – последовательную генерацию набора критериев выбора и оценки поискового объекта. Рассматриваемый универсальный ППА коренным образом отличается от прогнозно-поисковых комплексов (ППК), разработанных в ЦНИГРИ МИНГЕО СССР в 90-х годах, не только использованием современных данных, но и составом. ППК, по определению А.И. Кривцова (1984), – оптимизированные технологии ГРР, основанные на принципах последовательного приближения и соответствия, составляющие гносеологическую и технологическую основы геологоразведочного процесса. Так, в ППК проведение специализированных НИР и лабораторных исследований не предусматривалось, они включали различные виды и методы ГРР, которые отсутствуют в ППА. По существу универсальный ППА действует на самых ранних и важных стадиях направленных на открытие месторождения, в то время как ППК охватывает всю стадийность ГРР. Проведение и использование результатов фундаментальных научных исследований, предусмотренное ППА, значительно повышают надежность выбора перспективных участков, сокращают время проведения и в конечном итоге уменьшают стоимость прогнозно-поисковых работ.



В описательной части алгоритма кратко представлена характеристика геолого-генетической модели минералообразующей системы месторождения, экономические факторы, содержание алгоритма, в таблице 1 сведены определяющие признаки типа месторождения, в таблице 2 – прогнозно-поисковые критерии, вытекающие из геолого-генетической модели. На рис. алгоритм представлен в виде блок-схемы.

Таким образом, разработанный алгоритм может быть использован: для разработки известных месторождений и проявлений; экспертной оценки количества возможных, еще неоткрытых месторождений полезных ископаемых, а также групп месторождений, прогнозной оценки типа и масштаба месторождений; при составлении геологоразведочных региональных и федеральных программ по воспроизводству МСБ; при составлении планов и перечней по лицензированию. Вторая важная область применения результатов НИР – использование в образовательном процессе: а) в курсе лекций по месторождениям ТПИ; б) в курсе лекций по методике поисков и разведки месторождений ТПИ.

СВЯЗЬ ЗОЛОТОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ И МЕЛОВОГО ГРАНИТОИДНОГО МАГМАТИЗМА ЧУКОТКИ

Галямов А. Л., Волков А. В., Сидоров А.А.

alg@igem.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва, Россия

На территории Чукотского автономного округа (ЧАО) в базе данных, насчитывается более 3 тысяч рудных объектов (месторождений и проявлений). Среди них около 2 тысяч коренных проявлений Au и Ag, более тысячи проявлений цветных металлов (Sn, W, Cu, Mo, Sb, Hg, Pb, Zn и др.), 3 десятка проявлений черных и легирующих металлов, более 20 радиоактивных проявлений и столько же – редких элементов.

Анализ пространственных соотношений рудных объектов с геологической средой показал что большинство рудных объектов локализовано в терригенных флишоидных толщах. Вторая по значению вмещающая среда - гранитоиды Охотско-Чукотского, Олойского и Камчатско-Корякского поясов. Раннемеловые интрузии во внешних зонах Охотско-Чукотского и в Корякско-Камчатском поясе образуют ареалы, в которых, иногда, совмещены разные по составу фазы, обозначая очаговые области наиболее полного развития магматизма. В осевой зоне ОЧВП также выделяются ареалы различных по составу позднемеловых интрузивов. Вместе с раннемеловыми они приурочены к участкам наиболее мощной литосферы.

Около 90% рудных проявлений размещается в ареалах гранитоидного магматизма мелового возраста. Сравнение спайдер-диаграмм содержаний металлов в рудах около 700 коренных проявлений в ранне- и позднемеловых рудовмещающих породах показывает (рис. 3), что концентрации Bi, Hg, Sb, Sn, W в раннемеловых гранитоидах, вулканитах и терригенных породах выше, чем в позднемеловых аналогах. Наоборот, содержания Cu, Mo, Pb, Zn, Co, Ni выше в позднемеловых породах, что может быть связано с различным по времени активизации источниками этих металлов.

Наиболее отчетливая пространственная связь с ареалами раннемеловых гранитоидов отмечается у проявлений Au-Bi типа, залегающих в турбидитах, гранитах и гранодиоритах (рис. 4). В составе руд постоянно присутствуют пирит и арсениопирит (6–8% сульфидов). В качестве примесей отмечаются также Bi, Co, Sn, Cu, Mo, Pb и Zn. В целом, в рудах этого типа часто отмечается прямая зависимость между содержаниями золота и мышьяка, наиболее ярко проявленная в рудах, залегающих в гранитоидах. Эта зависимость также выявлена и на Майском месторождении Au-сульфидных вкрапленных руд в терригенных флишоидных толщах, что указывает на принадлежность этого месторождения к рудообразующей системе, связанной с интрузивами гранитоидов.

Ареалы позднемеловых гранитоидов выделяются в основном, в пределах ОВП и ОЧВП. В последнем развиты проявления Cu-Mo-порфировой формации, включая Au-содержащие (Вечернее, Ольховская группа, Танюерская группа, Эргувеевская группа), чьи штокерки залегают в раннемеловых гранитах и гранодиоритах, нередко трансирующих глубинные разрывные зоны, и реже в надикальных блоках, сложенных триас-юрскими песчаниками и позднемеловыми эффузивами. Руды с высоким и средним соотношением Mo/Cu приурочены чаще к ареалам раннемеловых гранитов, гранодиоритов и диоритов, тогда как существенно Cu – к ареалам позднемеловых гранитоидов.

Эпитермальные Au-Ag месторождения часто связаны с Cu-Mo-порфировой рудообразующей системой и располагаются преимущественно в пределах ареалов позднемеловых гранитоидов. Соотношения Ag/Au здесь более низкие, чем в рудах других рудообразующих систем. В порфириновых рудах и в Au-Ag месторождениях они довольно близки. Рудовмещающие породы представлены обычно кислыми эффузивами, гранитами и гранодиоритами, а также дистальными терригенными фациями вулканогенно-осадочных комплексов. При этом объекты с более высокими значениями Ag/Au встречаются в зоне

совмещенных ареалов проявления позднемелового интрузивного магматизма различного состава.

Более "меденосный" характер внутренней зоны ОЧВП зоны, вероятно, связан с островодужным составом фундамента. Фрагменты островодужного пояса в пределах Корякско-Камчатского пояса включают среднеюрские морские базальт-кремнисто-туфогенно-терригенные отложения, перекрытые мощной окраинноморской толщей флишевых и грубокластических пород альба - верхнего мела [23]. Раннемезозойские кремнисто-терригенные осадки с фрагментами базальт-яшмовой ассоциации отлагались в глубоководном желобе прогиба. Среди морских терригенных отложений выделяются шельфовые и более глубоководные турбидиты со значительным количеством глинистых пород [2]. Наличие вулканогенных пород, среди которых отмечаются абиссальные толеиты и щелочные базальты океанических поднятий [13] обусловило увеличение общей мощности разреза. По содержаниям щелочей, Sr, Ti, Zr эти базальты сопоставимы с толеитами юных островных дуг, но отличаются от них низким отношением FeO/MgO [23]. Кроме того, широко распространенные известково-щелочные туфовые и туфово-турбидитовые образования позднего альба позволяют по результатам изотопной периодизации и анализа петрогеохимических данных рассматривать становление Майницкой островной дуги в две стадии примитивно-островодужной в раннем неокоме до зрелоостроводужной в апт-альбе [20].

Известные колчеданные проявления размещаются в полях развития риолит-базальтовых и андезит-базальтовых вулканогенных комплексов, причем соотношение Au/Ag здесь также невысокое, а содержание Cu заметно выше в рудах, залегающих в комплексах существенно среднего и основного состава на юге Чукотки, а также в дистальных глинистых фациях.

На рудопроявлении Угрюмое [32] колчеданно-полиметаллическое оруденение локализовано в широких и протяженных до первых километров минерализованных зонах, редко в жилах, мощностью до 1 м, в эффузивах основного и среднего состава, песчаниках тамватнейской свиты раннего мела, в сопровождении даек и субвулканических тел кварцевых диоритовых порфиритов позднемелового возраста. Наложенные изменения представлены окварцеванием, пропилизацией, аргиллизацией, пиритизацией, гематитизацией, развитием жил и прожилков карбонат-эпидот-кварцевого и карбонат-хлорит-кварцевого состава. В составе руд присутствуют халькопирит, сфалерит и галенит. Содержание Au, Cu, Pb и Zn в рудах соответственно составляет 10 г/т, 6%, 6%, и 2%.

размещающимися вблизи участков коры с наименьшей мощностью. Эти комплексы потенциально перспективны на выявление промышленно значимых колчеданно-полиметаллических месторождений типа Куроко, обогащенных Au и Ag. Известные рудопроявления (Угрюмое и др.) отличаются невысокими значениями Au/Ag отношения, а содержание меди заметно выше в проявлениях, залегающих в комплексах существенно среднего и основного состава, а также в дистальных глинистых фациях.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 55 «Арктика – научные основы новых технологий освоения, сохранения и развития»

Литература

1. Волков А.В., Гончаров В.И., Сидоров А.А. Месторождения золота и серебра Чукотки. М.-Магадан: СВКНИИ РАН. 2006. 221 с.
2. Волков, А.В., Сидоров, А.А., Старостин, В.И. Металлогения вулканогенных поясов и зон активизации. М.: МАКС Пресс, 2014. 355с.

ВКЛАД МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИЕ РАЗНОФОРМАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Гонгальский Б.И. (РМРЭ-68-2), Криволуцкая Н.А.

ИГЕМ РАН (brgon@mail.ru), ГЕОХИ РАН (nakriv@mail.ru), Москва, Россия

Важнейшая экономическая роль месторождений-гигантов, которые на 85 % удовлетворяют мировую потребность в сырье, определяет фундаментальные задачи их генезиса (Рундквист, Кравченко, 1996). По периферии Сибирской платформы наблюдаются многочисленные разновозрастные проявления меди в осадочных (Наркелон и др., 1983) и магматических (Додин и др., 2005) породах. Но суперкрупные концентрации металлов установлены только в Удокан-Чинейском рудном районе, включающем крупные месторождения осадочного, гидротермального и магматического происхождения – Удоканское, Чинейское, Катугинское - и многочисленные более месторождения и рудопроявления различных формационных типов (Крупные и суперкрупные ..., 2004, 2006). В настоящее время запасы меди на Удоканском месторождении оцениваются в 26,7 млн. т. (<https://www.bgk-udokan.ru/>), а на месторождениях-спутниках - Правоингамакитском, Сакинском, Ункурском, Бурнинском, Красном и др. – в 12 млн.т. Крупные месторождения и проявления меди связаны и с габброидами чинейского комплекса (Чинейского массива - 15 млн. т, а также известны рудные проявления в пределах Майлаевского и Луктурского массивов). Осадочные и магматические породы имеют палеопротерозойский возраст (Гонгальский, 2015).

Дискуссии о происхождении руд Удоканского и других месторождений в Кодаро-Удоканском районе ведутся с момента открытия Удокана в 1949 году Е.И. Буровой (выпускницей МГРИ 1939 года). Большой вклад в их изучение внесли ученые Московского геологоразведочного института. Первую геологическую карту Удоканского месторождения масштаба 1:10000 составили в то время аспиранты МГРИ Н.Н. Бакун, Р.Н. Володин, Ф.П. Кренделев (1957-1958 гг.), опубликовавшие ряд основополагающих работ по геологии месторождения и района (Бакун и др., 1957; Кренделев и др., 1957, 1983). Чинейский габброидный массив длительное время (1973-2008) изучался Н.Б. Беловой, в основу диссертации которой легли материалы по геологическому строению массива (1980 г.), а также В.К. Крюковым, А.И. Куликовым и другими в 70-80 годы прошлого столетия (Куликов и др., 1981)...Ф.П. Кренделев возглавлял в 1980-ых годах программу Сибирского отделения Академии наук СССР «Медные руды Удокана», в которой приняли участие и авторы данного сообщения.

Наши исследования были нацелены на решение ряда вопросов генезиса магматических и осадочных месторождений Кодаро-Удоканского района и включали все перечисленные выше объекты. В частности, на соотношение магматических и гидротермальных процессов в их образовании. Как правило, Удоканское месторождение рассматривается как чисто осадочное, подвергшееся метаморфическим преобразованиям. Этой точки зрения противоречит два фактора: отсутствие видимых источников меди, разрушение и снос которых привел к концентрации металла, а также изотопный состав сульфидов, участвующих в формировании месторождения. Наиболее изотопно-легкая сера ($\delta^{34}\text{S}$ до - 45 ‰) характерна для прослоев халькопирит-пирит-пирротинового состава; для халькозин-борнитовых руд месторождения преобладают значения $\delta^{34}\text{S}$ от -8,6 ‰ до -2,7 ‰ (Конников, 1986; Володин и др., 1994, Гонгальский, 2015), а для халькопиритовых руд Правоингамакитского месторождения типичны значения 2 ‰ до - 4,2 ‰, что свидетельствует о разных источниках серы для указанных типов минерализации. Очевидно, что в образовании главных типов минерализации участвовали сульфат-редуцирующие бактерии, деятельность которых и привела к наблюдаемому составу руд. Никакие обнажаемые на юге Сибири месторождения, выдвигаемые в качестве источников меди, не имеют такой состав. Источником меди скорее были глубинные флюиды, как это предполагал

А.В. Сочава (1986). Более поздние магматические флюиды способствовали переотложению первичных сульфидов и образованию новых типов руд. Доля таких переотложенных руд разная в разных месторождениях, максимальна она на месторождении Красное, в составе руд которого установлены высокие концентрации Вi, Те, Аs . Это подтверждается и оценкой возраста.

В последнее время устанавливается большой временной интервал образования рудных залежей. Так, впервые полученный возраст сфенов из кварц-сульфидных прожилков на Удокане ($1896,2 \pm 6,2$ млн. лет, Perelló et al., 2017) на 200 млн. лет моложе времени формирования осадков и сингенетичных сульфидных руд. Существенный разрыв во времени формирования приводится и для руд месторождений Медного пояса Центральной Африки (Sillitoe et al. (2017) и Северной Европы (Alderton et al., 2017). На месторождениях Медного пояса Центральной Африки Cu-Co руды представлены горизонтами с вкрапленными сульфидами и кварц-карбонатными прожилками и жилами с сульфидами. Вкрапленная минерализация обычно связывается с диагенезом осадков в рифтовых зонах, а формирование прожилков с ремобилизацией сульфидов во время орогенеза. Значительные перемены в их образовании (до 50 млн. лет; Sillitoe et al., 2017) не исключают и дополнительные источники поступления металлов, например молибдена. Широкая дискуссия по этому поводу приводится в работах (Hitzman, Broughton, 2017; Muchez et al., 2017; Sillitoe et al., 2017). В многочисленных прожилках присутствует и более поздняя урановая минерализация, которая также интерпретируется как ремобилизация или дополнительные поступления из гипотетического источника (Descrée et al., 2011).

Источником таких флюидов в Кодаро-Удоканском районе могли служить магмы, сформировавшие массивы чинейского комплекса. Проведенное 3D моделирование глубинного строения этого сегмента земной коры, показывает, что Чинейский расслоенный массив представляет собой только часть более крупной магматической камеры, фрагментами которой являются Луктурский и Майлавский массивы (Гонгальский и др., 2017, 2018). Основной объем магматических образований располагается под палеозойскими пластинообразными гранитами Кеменского массива и четвертичными базальтами Удоканского лавового плато. Кроме этого, внедрение огромного объема горячей магмы мог вызвать активную циркуляцию метеорных вод, которые также могли принимать участие в гидротермальном переотложении сульфидного вещества в песчаниках. Эту идею подтверждают данные по стабильным изотопам Б.Г. Покровского (2002). Такие сложного генезиса флюиды образовали пирит-халькопиритовые руды Правоингамакитского месторождения, в которых установлены повышенные содержания платиновых металлов (Гонгальский и др., 2007). Близкие параметры флюидных включений установлены в кварцах Рудного месторождения Чинейского массива, Правоингамакитского и Удоканского месторождений). На Правоингамакитском, Ункур, Красное, Бурпала месторождениях устанавливаются более высокие концентрации Ag, Au и других металлов, чем в рудах Удоканского месторождения.

Таким образом, наблюдаемая последовательность - магматические месторождения расслоенных массивов (эндо- и экзоконтактные руды) - удаленные на разное расстояние от контактов гидротермальные месторождения, близкие по своим характеристикам к экзоконтактовым рудам расслоенных массивов и месторождения медистых песчаников с участием гидротермальных процессов в рудоотложении - позволяют рассматривать их в рамках единой длительно развивавшейся Удокан-Чинейской рудно-магматической. Соотношение вкладов глубинного и поверхностного источников в кристаллизации сульфидных руд рассматриваемых месторождений различны и определяют формирование суперкрупных концентраций. Рассмотренные месторождения имеют много общего с выделяемым в последние годы семейством железо-окисно-золото-медных месторождений (IOCG) с ураном и редкими элементами (Hitzman et al, 1992; Hitzman, 2000; Grovs et al, 2005; Porter et al, 2010; Pirajno et al, 2009; Williams et al, 2010; Соловьев, 2011).

ОКТАБРЬСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (НОРИЛЬСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН): ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СОСТАВ РУД

Криволицкая Н.А., Нестеренко М.Р., Гонгальский Б.И., Бычкова Я.В.,
Свирская Н.М., Коршунов Д.М.
ГЕОХИ РАН (nakriv@mail.ru), МГУ, ИГЕМ РАН

Введение. Проблема формирования уникальных платино-медно-никелевых месторождений Норильского района (СЗ Сибирской платформы) активно обсуждается на протяжении нескольких десятков лет (со времени открытия Талнахского месторождения в 1960 г.) (Суханова, Ваулин, 1963; Додин, Батуев, 1971; Золотухин и др., 1977; Лихачев, 1978, 1997, 2006; Дистлер и др., 1988; Naldrett, 1992, 1995, 2004, 2011; Lightfoot, Zotov, 2014 и многие другие). Это обусловлено необычным строением этих месторождений по сравнению с другими Cu-Ni и Pt объектами: приуроченностью жильных руд большой мощности (10-50 м) к сравнительно маломощным (в среднем 100-120 м) лентовидным телам габбро-долеритов, принадлежащих Сибирской трапповой формации (251 Ma), в то время как большинство известных месторождений этого типа связано с крупными протерозойскими плутонами. Высокие концентрации Cu, Ni и металлов платиновой группы, сконцентрированные в небольшом объеме сульфидных залежей, обусловили высокую экономическую значимость Норильских руд на мировом рынке. Успехи дальнейших поисковых работ как в Норильском районе, так и в мире во многом зависят от понимания процессов рудообразования. Многочисленные гипотезы образования рудосносных интрузивов были разработаны советскими геологами на основании изучения строения Талнахского и Октябрьского месторождений, главной из которых была магматическая (Годлевский, 1959; Лихачев, 1965; Золотухин и др., 1977; Зотов, 1979). В ее рамках наибольшее распространение получили модели формирования руд в закрытой (Лихачев, 1965; Дюжиков и др., 1988; Дистлер и др., 1988) и открытой (Иванов, 1971; Радько, 1991; Naldrett, 1992) системах. Главной целью нашей работы была проверка предложенных гипотез на основании полученных в ходе полевых и камеральных работ данных по строению Октябрьского месторождения и дальнейшая разработка модели формирования Норильских месторождений.

Объекты и методы исследования. Геологическое строение Октябрьского месторождения изучалось в течение ряда лет как в подземных выработках (рудники Октябрьский и Комсомольский), так и по 18 скважинам, пробуренным в последние годы ООО «Норильскгеология» в его западной, центральной и восточной частях. Химический состав сульфидных руд анализировался в ГЕОХИ РАН на Cu, Co, Ni, S, Se, Te, PGE, а минеральный состав изучался с помощью электронного микроскопа в ГЕОХИ РАН. Главные компоненты в породах определялись с помощью рентгенофлуоресцентного анализа в ИГЕМ РАН (аналитик А.И. Якушев), а редкие элементы – с помощью метода индуктивно связанной плазмы в МГУ (аналитик Я.В. Бычкова).

Результаты исследований. Авторами были изучены опорные скважины для разных частей месторождения и охарактеризовано их строение. Восточная часть Октябрьского месторождения, примыкающая к Норильско-Харалахскому разлому, была изучена по скважинам ТГ-21 (юго-восток) и КЗ-465 (северо-восток). Мощность вскрытых ими интрузивных пород составляет 160 и 125 м соответственно, а строение разрезов сопоставимо между собой, выделяются одни и те же горизонты габбро-долеритов (снизу вверх): контактовые, такситовые, пикритовые, оливиновые, оливинсодержащие и безоливиновые, а в верхней части – габбро-диориты. Главное отличие изученных разрезов заключается в соотношении мощностей горизонтов такситовых габбро-долеритов – в первой из названных скважин задокументирован довольно мощный их горизонт (25 м), в то время как в скв. КЗ-456 эти породы имеют мощность всего 8 м. За счет этого различается и мощность вкрапленных руд, она составляет 48 и 18 м соответственно. Кроме того, во второй из названных скважин в верхней части интрузивного тела

установлен горизонт так называемых «верхних пикритов», мощность которого достигает 4.5 м, и с которым связана малосульфидная платиновая минерализация.

Центральная часть Октябрьского месторождения изучена по скважинам РТ- 1, 7, 8, 30, 101, 106, 108, 111, вскрывшим залежи массивных руд С3 и С4. В качестве опорных для изучения этой части месторождения нам послужили скважины РТ-30 и РТ-101. Первая из них вскрыла 98 м интрузивных пород, из которых 40 метров представлены пикритовыми и 15 м – такситовыми габбро-долеритами, содержащими богатую сульфидную вкрапленностью. В основании интрузива обнаружены массивные руды мощностью 8м (С3). Скважина РТ-101 прошла 96 метров по интрузивным породам, из которых пикритовые габбро-долериты составляют 38 метров, а такситовые -10.5 м; мощность массивных сульфидных руд достигает 9 м (С4). Несмотря на сходство геологического строения и состава интрузивных пород, массивные руды имеют очень разный состав: в скважине РТ-101(С4) массивные руды являются существенно медными (содержание $Cu=27-28$ мас.%), для них характерны высокие концентрации платиновых металлов ($PGE=40-50$ ppm), в то время как для руд, вскрытых скважиной РТ-30 (С3) типично близкое к 1 соотношение меди к никелю и сравнительно низкие концентрации PGE (9-12 ppm). Минеральный состав залежей существенно различается: в первом случае доминируют минералы группы халькопирита, а во втором – пирротина. Присутствующие в обоих рудных телах минералы группы халькопирита отличаются между собой по составу. Так, в залежи С4 доминирует талнахит, а в залежи С3 присутствует только халькопирит. Это свидетельствует о том, что эти типы руд отличаются существенно по фугитивности серы при кристаллизации сульфидного расплава (более низкой при образовании первой рудной залежи).

Строение западной части месторождения, чрезвычайно важное для решения вопроса о формировании руд в условиях открытой или закрытой системы, было исследовано авторами по скважинам ЗФ-10, ЗФ-12, ЗФ-29, ЗФ-33, ЗФ-34, ЗФ-45, ЗФ-58, ЗФ-61. Наиболее детально изучены разрезы по первым двум скважинам. Строение интрузивных пород в этом районе существенно отличается от такового центральных и восточных частей. Так, крупные интрузивные тела, установленные в восточной и центральной частях массива, постепенно становятся все более маломощными (менее 50 м) и полностью выклиниваются. Отдельные апофизы интрузива не имеют дифференцированного строения, а сложены его составляющими: пикритовыми габбро-долеритами, лейкогаббро, оливиновыми и оливинсодержащими габбро-долеритами. Важно подчеркнуть, что вкрапленные руды в этой части месторождения приурочены уже не к пикритовым габбро-долеритам, а к оливиновым. Состав массивных руд, сложенных преимущественно пирротинном, соответствует залежи С3. В отличие от основной залежи Октябрьского месторождения, где обнаружены многочисленные минералы платиновой группы (в наших образцах – атокит, фрүдит, ниглиит, Au-Ag сплавы и др.), массивные руды, вскрытые скважиной ЗФ-12, практически не содержат этих минералов, видимых под микроскопом (за исключением обнаруженного зерна меренскита, размером 8 мкм, и золото-серебряных сплавов размером 5-7 мкм).

Закключение. Анализ полученных материалов позволяет сделать принципиальный вывод о том, что руды Октябрьского месторождения были образованы в условиях закрытой магматической системы в результате поступления нескольких порций магмы, несущей разный по составу сульфидный расплав в капельном виде.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МИНЕРАГЕНИИ ОБЛАСТЕЙ ОПУСКАНИЯ НЕКОМПЕНСИРОВАННОГО ТИПА

Аухатов Я.Г.

yan-89178823520@yandex.ru, ЗАО «Институт аэрокосмического приборостроения»,
г.Казань, Россия

Области опускания, к которым приурочено некомпенсированное осадконакопление, в геологической литературе известны как «иловая» или «доманиковая» впадина, некомпенсированный прогиб, аккумуляционно-топографическая впадина (М.М. Грачевский), прогибы некомпенсированного типа (С.С.Эллерн) и области опускания некомпенсированного типа (Аухатов Я.Г.). Отличие между ними состоит в том, что за причину их возникновения приняты факторы: седиментационные (аккумуляционно-топографическая впадина), тектоно-седиментационные в условиях тектонического растяжения (прогибы некомпенсированного типа) и тангенциального сжатия платформенных областей граничащих со складчатыми областями (области опускания некомпенсированного типа).

Вопросы происхождения некомпенсированных прогибов тесно связаны с представлениями об осадочных бассейнах [3,6,7]. Исходя из приуроченности некомпенсированного осадконакопления к осадочным бассейнам, классификация которых в настоящее время наиболее разработана, автором была принята режимная классификационная схема В.Е.Хайна, В.В.Белоусова с некоторыми изменениями и дополнениями, произведёнными Р.Н.Валеевым. [5]. Автором все области опускания некомпенсированного типа подразделяются с учётом общей этапности тектонического развития земной коры в четыре основных класса, располагающиеся в их эволюционной последовательности – геосинклиальный, орогенный, платформенный и активизационный. Внутри каждого класса ОООНТ выделяются группы соответствующие конкретным генетическим типам структур (краевые прогибы, прикратонные и интракратонные синеклизы, авлокогены и др.). С ОООНТ связаны не только закономерности размещения месторождений нефти и газа, а целый комплекс нерудных и рудных полезных ископаемых. В строении ОООНТ участвуют формации трансгрессивно-регрессивного цикла (углеродисто-кремнистая, доманиковая, рифовая, карбонатно-сульфатная, галогенная, угленосная и т.д.). Тектоническое развитие краевых прогибов четко зафиксировано в размещении на их территории различных по составу формаций, объединяемых в единый латеральный ряд: рифовую – депрессионную – молассовую.

Месторождения серы и серосодержащих углеводородов приурочены к рифовым и сульфатно-карбонатным формациям, замещающих по латерали доманиковые формации ОООНТ (Бельская, Камско-Кинельская, Бугурусланская, Прикаспийская и т.д.).

Фосфориты формируются в карбонатных формациях, замещающих по латерали углеродисто-кремнистую формацию (Малый Каратау, Казахстан) и в краевых частях горючесланцевых формаций верхнеюрского и силурийского возраста (Восточно-Европейская платформа). Рифовые формации соли являются ценным сырьём для химической промышленности (артинские шиханы в Республике Башкортостан). С.С.Эллерном [10,11] впервые было показано влияние ОООНТ на размещение бокситовых месторождений. С этапом компенсации связаны калийные месторождения в галогенных формациях (Приуральская, Прикаспийская и т.д.). С формациями типа кульма связаны железисто-марганцевые месторождения (Атасуйско-Каргандинская ОООНТ, Центральный Казахстан).

Возникновение углеродисто-кремнистой формации сопряжено с некоторым запозданием осадконакопления по отношению циклов и фаз спилит-кератофирового (эвгеосинклинали), доманиковой – андезитового (островные дуги), кульма – липаритового (вулканогенные пояса) вулканизма, что определяет их минерагеническую специализацию [1].

Определённый парагенезис формаций в ОООНТ обусловил формирование и размещение целой группы месторождений полезных ископаемых, что позволяет говорить о металло- и минерагенической специализации их.

Минерагеническая специализация важна для прогнозирования целой группы полезных ископаемых (сера, сероводород, нефть, уран, медь, каменные соли, фосфориты и т.д.), как на хорошо изученных, так и на малоизученных территориях.

Исследования Ю.А.Билибина [4], В.И.Смирнова [8], А.Д.Щеглова [9], Р.Н.Валеева [5] и других установлены различия в металлогенической и минерагенической специализации определенных тектонических элементов земной коры. Это в основном надпорядковые структуры: платформы, геосинклинали, срединные массивы и рифтовые системы

Исследования же металлогении и минерагении структур более мелкого порядка проводятся совершенно незначительно. Между тем, именно они по убеждению автора, представляют наибольший интерес при разработке научных основ прогнозирования глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых в осадочном чехле платформ.

Как отмечает А.Д.Щеглов [9] одной из общих закономерностей размещения рудных месторождений, которая приобретает роль геологического закона может быть сформирована следующим образом: «...определенные типы месторождений полезных ископаемых проявляются в определенных типах тектонических структур...как для региональных, так и для локальных структур».

Для изучения ООНТ в осадочных бассейнах применяются сейсмические, гравитационные геофизические методы, а последнее время метод тепловизионной генерализации Мухамедиарова. Метод тепловизионной генерализации как технология расчетов цифровой модели тепловых полей в недрах на основе тепловых космических снимков разработан в ЗАО «Институт аэрокосмического приборостроения» (ЗАО «ИАКП» г. Казань).

Литература

1. Аухатов Я.Г. Особенности накопления ограниченного вещества в условиях некомпенсированного прогибания и полезные ископаемые. В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып.7, кн.2. М.: Наука, 1981, с.16-20.
2. Аухатов Я.Г. Формации некомпенсированных областей опускания и связанные с ними полезные ископаемые // Тез.докладов научной сессии ИГ БНЦ УрО АН СССР к 100-летию со дня рождения Г.Н.Фредерикса. Уфа. Изд-во. 1989. С.53.
3. Артюшков Е.В., Беэр М.Ф. О механизме образования нефтегазоносных бассейнов Западно - Сибирской плиты и Русской платформы // Геология и геофизика. 1987. №11. С. 25-36.
4. Билибин Ю.А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М.: Гостоптехиздат. 1955. 88с.
5. Валева Р.Н. Тектоника и минерагения рифея и фанерозоя Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1981. 215с.
6. Гарецкий Р.Г., Кирюхин А.Г., Матвиевская Н.Д., Мкртчян О.М., Шлезингер А.Е. Глубоководные бассейны Восточно-Европейской платформы // В кн.: Древние платформы и их нефтегазоносность. М.:Наука, 1981.С.28-41.
7. Галицкий И.В. О происхождении прогибов в осадочном чехле платформ // Геотектоника. 1981.№1. С.38-45.
8. Смирнов В.И. Металлогения геосинклиналей. В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых.Т.5. М.: Изд-во АН СССР. 1962. С.17-81.
9. Щеглов А.Д. Основные проблемы современной металлогении (вопросы теории и практики). Л.: Недра. 1987. 231с.
10. Эллерн С.С. Прогибы некомпенсированного типа, компенсационные поднятия и их нефтегазоносность // ДАН СССР. 1984. Т.279. №4. С.972-976.
11. Эллерн С.С. Эволюция осадочного процесса и формирование некоторых видов полезных ископаемых на платформах в связи с образованием некомпенсированных прогибов. В кн. Геология и геохимия нефтеносных отложений. Казань: Изд-во КГУ. 1987. С.57-63.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЛЯПИНСКОГО МЕГАБЛОКА

Душин В.А., Прокопчук Д.И.

SNIGE.dep@ursmu.ru, Уральский государственный горный университет,
г. Екатеринбург, Россия.

Эффективное решение проблемы воспроизводства минерально-сырьевой базы страны невозможно без создания конкретных металлогенических моделей территорий на основе современных структурно-формационных построений.

В результате проведенных исследований разработана обобщенная модель строения Ляпинского мегаблока – одного из важных сегментов Уральской складчатой системы. Методической основой проведения данных работ служат руководящие положения формационного анализа породных и рудных ассоциаций в рамках реализации универсального принципа актуализма.

Как известно Уральский межплитный складчатый пояс (ороген) представляет собой сложный гетерогенный ансамбль структурно-вещественных ассоциаций различных геодинамических обстановок, реализованных в конкретных тектонических элементах районирования региона. Так с запада на восток выделяются палеоконтинентальный, палеоокеанический и плитный секторы и отвечающие им соответствующие металлогенические таксоны.

В настоящее время в пределах Ляпинского мегаблока Приполярного Урала выделяются четыре аккретированных по-видимому в раннем протерозое выступа дорифейского основания – Маньхамбовский, Неркаюский, Малопатокский и Няртинский, приуроченных к сводовым частям положительных складчатых структур. Выступы дорифейского основания обрамляются фрагментами раннепалеозойских систем рифтогенного типа, к которым относятся Сальнерский, Нйясманьинский и Темпийнский палеорифты [1].

Согласно современным представлениям Ляпинская минерагеническая зона является составной частью Центрально-Уральской мегазоны Уральской минерагенической провинции и включает соответственно Маньхамбовский, Малопатокский, Няртинский, и Неркаюский рудные узлы. В их истории развития выделяются пять минерагенических эпох: дорифейская, рифейско-раннекембрийская, позднекембрийско-пермская, мезозойская и кайнозойская.

Первая отвечает внутриплитным обстановкам формирования и характеризуется проявлением метаморфогенного оруденения, главным образом неметаллических полезных ископаемых (графит, мусковит, гранат), а также железа (железистые кварциты), титана (кварц-рутиловые жилы) и возможно марганца (гондиты). Примечательно, что наиболее крупное рудопроявление железистых кварцитов (МАН-9), локализованное в кварцитах, кристаллических сланцах и амфиболитах проблематичного няртинского (PR₁) комплекса при содержании общего железа 36,12% содержат повышенные концентрации (более 0,6%) редкоземельных элементов.

Металлогения рифейско-раннекембрийской эпохи характеризуется конструктивным внутриплитным рифтогенно-депрессионным типом магматизма и осадконакопления обусловлена проявлением магматических, стратиформных, осадочных полигенных метаморфогенно-метасоматических и скарновых рудопоявлений и месторождений железа, меди, молибдена, золота, полиметаллов, редких и радиоактивных металлов (Турман, Ясное, Народное, Палеодолинное и др.).

Палеозойская (позднекембрийско-пермская) эпоха в связи с рифтогенно-окраинноконтинентальным характером магматизма и осадконакопления специализирована на комплексные объекты стратиформного (Au, Cu, полиметаллы) плутоногенно-гидротермального в том числе и порфирирового (Mo, W, Bi, Au, U) типов.

Металлогения мезозоя и кайнозоя сопряжена с внутриплитным типом магматизма и осадконакоплением обусловили проявление рудных объектов гидротермального (U, Au, кварц), “поверхностного” (U, TR) и россыпного (Au, Pt) типов.

Важным металлогеническими факторами (металлотектами) наряду с магматизмом и осадконакоплением влияющими на прогнозно-поисковую идеологию являются выявленные нами активизированные шовные зоны: Нундерминско-Салатимская и Маньхамбовско-Кулемшорская [2,3]. Они представляют собой тектонически ослабленные зоны шириной до 3 км и протяженностью более 200 км состоящие из клиньев разновозрастных (рифей-палеозой) породных комплексов (хобеинская, шокуринская, пуйвинская, мороинская, саблгорская, тельпоская, хомасьинская, польнская свиты), залегающих субпараллельно главному Уральскому надвигу. Это как правило зоны повышенной трещиноватости со сбросо-надвиговой составляющей, либо обширные зоны смятия, катаклаза, будинажа с проявлением “псевдоконгломератов” и S-образного кливажа в сопровождении процессов милонитизации, реабластеза и метаморфо-метасоматической калишпатизации. В областях сопряжения (пересечения) шовных зон и дискордантных к ним поперечных (северо-западных) тектонических структур широко проявлены процессы околорудного метасоматоза (от альбититов до аргиллизитов) и комплексного (U, Th, Ta, Nb, Mo, Au, Ag, Pd) полигенного рудогенеза. Оруденение относится к четырем рудным формациям: редкоземельно-редкометаллическая урансодержащая в щелочных метасоматитах (Няртсюю, Бол. Турупья, Верхнеталтминское, Хунтынья, Ватлинское и др.), редкоземельно-редкометаллическая урансодержащая в апогранитах (Щугорское, Толья, Отверженное, Поньизское), (золото)-уран-редкометаллическая полигенная в зонах структурно-стратиграфических несогласий (Ясное, Неизвестное, Южное и др.), а также урановая березитовая в вулканических породах (Редка I, II) рифея-венда [1,3].

В целом минерагеническую специализацию Ляпинского мегаблока определяют уран, редкие металлы, золото, оптический кварц, к крупнейшим объектам которых относятся месторождения Ясное, Народное, Турман (U, Th, TR, Au, Pd), Чудное, Сосновое, Телаизское (Au, Ag, Pd), Торговское, Турупинское (Ta, Nb, TR, U, Th, Bi), Пеленгичей, Хасаварка, Додо, Пуйва (оптический кварц).

Литература

1. Геология и полезные ископаемые Урала и Сибири (под ред. В. А. Душин, А. Б. Макаров) // Екатеринбург, Изд-во УГГУ. 2017. 196 с.
2. Душин В. А. Активизированные шовные зоны – новый перспективный объект благороднометаллической металлогении на Полярном Урале // Региональная геология и металлогения. СПб, ВСЕГЕИ, Вып. 29. 2006. С. 73-87.
3. Душин В. А. Особенности геотектонической позиции комплексных урановорудных объектов Уральского Севера // Региональная геология и металлогения. СПб., ВСЕГЕИ 2010. Вып. 42. С. 74-82.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВЫХ БАЗ ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛОВ МИРА

Лаптева А.М.

lapteva@vims-geo.ru, ФГБУ «ВИМС», г. Москва, Россия

Главным параметром оценки состояния сырьевой базы любого полезного ископаемого (ПИ) является ее способность обеспечить потребности экономики на длительную перспективу. При этом необходимо иметь в виду что показателем обеспеченности является динамичным, во многом зависящим от уровня развития «технологий использования», определяющих как структуру и объемы потребления мировой промышленностью того или иного вида сырья, так и возможности эффективного (с экономической точки зрения) вовлечения в разработку новых его источников. Большую роль в поддержании уровня обеспеченности играют также «технологии запасов», нацеленные на обнаружение, добычу, транспортировку и хранение того или иного вида минеральных ресурсов. Очевидно, что количество выявленных минеральных ресурсов определяется кумулятивным эффектом от технологий обоих типов.

Если оценивать обеспеченность мировой промышленности выявленными (к настоящему времени) ресурсами высоко востребованных видов металлических ПИ, исходя только из текущего спроса, то для большинства из них она превышает 50 лет. Причем для целого ряда металлических ПИ, таких как железные, марганцевые и хромовые руды, бокситы, медь, вольфрам, молибден, титан, цирконий, уран и металлы платиновой группы, обеспеченность превышает 100 лет. Только возможности сырьевых баз олова и цинка сравнительно ограничены — актуальные ресурсы могут быть исчерпаны в течение 40–45 лет.

Исторические данные свидетельствуют, что благодаря совместному влиянию технологий использования и технологий запасов при непрерывном совершенствовании каждой из этих технологических групп обеспеченность мировой экономики минеральным сырьем сохраняется на неизменном уровне или даже растет при том, что добыча минерального устойчиво расширяется. Так, мировые запасы меди только с 1970 г. до 1987 г. выросли с 279 до 570 млн т, а к 2010 г. достигли 614 млн т; при этом суммарная добыча металла за указанный период составила около 400 млн т. Мировые запасы золота в эти же годы составляли 31,1, 47,3 и 52 тыс. т соответственно, а суммарная добыча за 1970–2009 гг. превысила 76 тыс. т (Пильцер, 1999; Минеральное сырье..., 2011; Kelly, Matos, 2014). Ситуация со всеми прочими металлами в целом идентична.

Количественный рост выявленных металлических ПИ был обеспечен совокупным действием двух основных направлений развития сырьевой базы. Это:

- изменение ее географической структуры;
- изменение роли некоторых из известных геолого-промышленных типов месторождений и появление новых геолого-промышленных типов.

В результате в освоение стали широко вовлекаться ресурсы отдаленных и слабо освоенных регионов и/или ресурсы, заключенные в рудах со сравнительно низкими технологическими свойствами, переработка которых требовала более сложных технологических схем или принципиально новых технологий, но оставалась экономически эффективной. Вместе с тем все большее внимание стало уделяться крупным и уникальным по масштабам оруденения месторождениям, содержащим бедные и даже убогие руды, которые, тем не менее, могут обеспечить длительный период крупнообъемной добычи, что оправдывает высокие финансовые затраты на их освоение и эксплуатацию.

Приведем несколько примеров.

Самый яркий из них — выявление и расширяющееся вовлечение в разработку крупномасштабных меднопорфировых месторождений, содержащих комплексные руды с попутными молибденом, золотом и серебром. Если в 1960-е гг. они обеспечивали около 40% мировой добычи меди, то в настоящее время их доля составляет около 65%, а уже в 2030 г. она может превысить 70%. В 1960-е гг. меднопорфировые объекты также обеспечивали

около 40% мировой добычи молибдена, но вклад их в добычу золота и серебра был незначителен. В 2015 г. их доля в добыче молибдена составляла около 65%, а к 2030 г. она может приблизиться к 75%. Для золота эти показатели составляют около 11% и 20% соответственно, для серебра — около 7% и 16% соответственно.

В структуре сырьевой базы вольфрама в 1960-е гг. появились месторождения нового типа — вольфрам-порфирового. В настоящее время вклад объектов этого типа в мировую добычу составляет около 5%, а уже в 2030% она может превысить 15%.

Главным источником марганцевых руд в 1960-е гг. являлись месторождения в осадочных породах, обеспечивающие более 70% добычи; еще около 18% приходилось на месторождения в вулканогенно-осадочных породах и около 11% — в корах выветривания. Сегодня более 55% марганца дают месторождения в вулканогенно-осадочных породах, доли объектов в осадочных породах и корах выветривания практически сравнялись и близки 20%. К 2030 г. доля месторождений в вулканогенно-осадочных породах превысит 60%.

Главным источником хромовых руд в 1960-е гг. с долей в мировой добыче более 60% являлись месторождения подформного типа, остальное обеспечивали стратиформные объекты. В настоящее время ситуация обратная: стратиформные месторождения дают немногим более 70% добычи хромовых руд, а остальное — подформные объекты.

Между изменениями в структуре геолого-промышленных типов и географической структурой сырьевой базы существует тесная связь: смещение добычи в новые центры в целом ряде случаев приводило к вовлечению в эксплуатацию объектов, не характерных для исторических горнорудных регионов. Ярким примером этого стала диверсификация сырьевой базы золота, произошедшая на фоне потери ЮАР статуса главного золотодобывающего центра мира. В результате золотоносные конгломераты, обеспечивавшие золотодобычу в этой стране, также потеряли статус главного источника металла, а на замену им пришла группа в целом равнозначных геолого-промышленных типов, включившая месторождения золото-серебряных руд вулканоплутонических поясов, золото-сульфидно-кварцевых руд в зеленокаменных поясах древних щитов и в углеродсодержащих песчано-сланцевых толщах складчатых систем. В число значимых источников металла также вошли золото-медно-порфировые объекты и месторождения золото-полисульфидных джаспероидных руд в терригенно-карбонатных породах.

Все это позволило не только компенсировать прогрессирующее истощение месторождений, находящихся в достаточно простых горно-геологических и благоприятных экономико-географических условиях и содержащих легко обогащаемое оруденение с высокими содержаниями полезных компонентов, но и обеспечило количественный рост ресурсов. Таким образом, обеспеченность промышленности сырьем сохранилась на безопасном уровне или даже возросла.

Исходя из этого, а также учитывая, что в фокусе геологоразведочных работ, проводимых в разных регионах мира, преимущественно находятся объекты с близповерхностным оруденением (по данным компании *MinEx Consulting*, среднемировая глубина залегания месторождений, открытых в 2005–2014 гг., составляет всего 78 м) можно смело утверждать, что опасения истощения сырьевой базы основных промышленных металлов не имеют под собой оснований.

Список литературы:

1. Минеральное сырье: от недр до рынка: в 3 т. / Коллектив авторов; отв.ред. А.П. Ставский М., Научный мир, 2011.
2. *Пильцер П.* Безграничное богатство. Теория и практика «экономической алхимии» // Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / Под ред. Иноземцева В.Л. М.: Academia, 1999. - 631 с. С.401–428.
3. *Kelly T.D., Matos G.R., comps.* Historical statistics for mineral and material commodities in the United States (2016 version): U.S. Geological Survey Data Series 140. URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/historical-statistics/> (дата обращения: 22.10.2017).

КРУПНООБЪЕМНЫЕ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

Мансуров Р.Х.

Rinman81@bk.ru, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов (ФГБУ ЦНИГРИ), г. Москва, Россия

В последние годы наметилась тенденция истощения богатых (с содержанием более 2,0 г/т золота) золото-кварцевых месторождений на Енисейском кряже. Представителями последних являются такие объекты, как Советское, Эльдorado, Васильевское и др. Это же относится и к золото-россыпным объектам, долгое время определявшим золотодобычу региона. Большинство из них уже отработано в 20-м веке.

В этой связи весьма актуальным является вопрос расширения минерально-сырьевой базы золота за счет нетрадиционных для Енисейского кряжа типов рудных месторождений. К таким типам относятся крупнообъемные золото-сульфидные месторождения, главными объектами-эталоном которых являются уникальное Олимпиадинское, крупные Ведугинское и Попутнинское месторождения [1, 2, 4].

Они обладают рядом специфических особенностей, среди которых выделяются существенно золото-сульфидный прожилково-вкрапленный характер руд, большие объемы и запасы руд и металла, золотоносность руд сульфидных зон месторождений определяется постоянным и сравнительно невысоким по концентрации содержанием золота в рудных минералах. Главными носителями золота выступают арсенипирит, пирит.

На основе анализа рассмотренных геологических особенностей эталонных месторождений Енисейского кряжа, с учетом данных С.С. Сердюка [4, 5] выделяется несколько типов крупнообъемных золото-сульфидных объектов, характеризующихся собственными геологическими особенностями.

Олимпиадинский тип характеризуется локализацией в углеродсодержащем существенно карбонатном комплексе и имеет тесную пространственную связь с интрузивами татарско-аяхтинского комплекса, локализуясь в провисе кровли гранитоидного массива. Тип характеризуется приуроченностью к областям совмещения хлорит-серицитовой и эпидот-амфиболитовой субфаций зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Руды обладают комплексным составом: на рассеянные вкрапленные руды с низкими средними содержаниями золота наложены высокопродуктивные золото-арсенипирит-пиритовые руды с примесью антимонита.

Попутнинский тип в отличие от большинства объектов Енисейского кряжа характеризуется строгой пространственной связью с поясами ультрабазитов и базитов и локализацией в углеродсодержащем вулканогенно-карбонатно-терригенном комплексе. Оруденение приурочено к экзо-, реже к эндоконтактам тел ультрабазитов и базитов. Золотая минерализация приурочена к золото-сульфидным субсогласным минерализованным зонам рассеянных прожилково-вкрапленных руд с секущими и субсогласными золото-кварцевыми телами.

Ведугинский тип отличается отсутствием установленной связи с интрузивными образованиями. В отличие от остальных типов не характерно наличие четко выраженной этапности формирования руд и наложения поздней кварцевой жильно-прожилковой минерализации. Руды образуют субсогласные минерализованные зоны прожилково-вкрапленных руд.

Кроме того, автором впервые выделяется новый, ранее неизвестный тип золоторудных объектов – Южный [3]. Этот тип объектов характеризуется локализацией в углеродсодержащем терригенно-карбонатном комплексе и, так же, как и ведугинский тип, не находит установленной связи с интрузивным магматизмом. Главными характерными признаками этого типа являются локализация в верхах разреза сухопитской серии среднего рифея (свиты аладынская и карточка), существенно карбонатный состав вмещающих отложений, широко проявленная железо-магнезиальная карбонатизация.

Проведенный сравнительный анализ и типизация золоторудных объектов позволяет выделить геологические черты крупнообъемных золото-сульфидных месторождений:

- 1) локализация в зонах крупных региональных рудоконтролирующих разломов;
- 2) комплексность и многоэтапность формирования руд с пространственным совмещением разновозрастного оруденения и преобразованием ранней золоторудной минерализации в ходе последующих процессов и гидротермальной деятельности;
- 3) преимущественная приуроченность к областям развития низких ступеней зеленосланцевой фации регионального метаморфизма;
- 4) развитие гидротермально-метасоматических образований березитового и лиственитового ряда, сопряженных с кварцево- жильно-прожилковыми зонами;
- 5) золото-сульфидные руды (сульфидов 5-10% и более) с преимущественно пирит-арсенопиритовой ассоциацией и тонкодисперсным золотом, непостоянно проявленной поздней вкрапленно-прожилковой золото-сурьмяной (бертьерит-антимонитовой) с относительно крупным самородным золотом;
- 6) наличие слабоконтрастных вторичных ореолов рассеяния золота и элементов-спутников;
- 7) объемный характер золотой минерализации и формирование (суб)согласных зон-залежей прожилково-вкрапленных рассеянных руд с наложенными секущими золото-кварцевыми жильно-прожилковыми образованиями.

Впервые выделенный «южный» тип характеризуется рядом собственных, не имеющих аналогов, особенностей геологического строения. К последним, прежде всего, относятся: положение в верхней части разреза сухопитской серии среднего рифея (карбонатный состав вмещающих пород), а также развитие в амагматичной зоне восточнее Ишимбинского разлома, широкое развитие в пределах минерализованной зоны железо-магнезиальной карбонатизации.

Таким образом, к группе крупнообъемных месторождений золота в первую очередь могут быть отнесены объекты золото-сульфидного типа, заключающие в себе большие запасы руд и металла.

Перспективы выявления новых крупнообъемных золото-сульфидных месторождений в углеродисто-карбонатно-терригенных комплексах Енисейского кряжа обусловлены следующими факторами:

- 1) выявлением крупных гидротермально-осадочных систем с существенно золото-сульфидной вкрапленной минерализацией в кординско-удерейской части сухопитской серии в ассоциации с ареалами массивов гранитоидов (олимпиадинский тип), поясов ультрабазитов и базитов (попутнинский тип) и в погоройско-потоскуйской части сухопитской серии с отсутствием видимой (или весьма отдаленной) связи с магматическими комплексами (ведугинский, южный типы).
- 2) исследованием уже выявленных золото-кварцевых жильно-прожилковых систем с целью локализации «раннего» этапа для выявления промышленных крупнообъемных золото-сульфидных месторождений.

Литература

1. Волков А.В. Крупнотоннажные месторождения в мировой и российской золотодобыче // Золото и технологии. 2012. № 2(16), с. 38-46.
2. Константинов М.М., Волков С.В., Стружков С.Ф. и др. Крупнотоннажные месторождения – ресурс добычи золота в России // Разведка и охрана недр. 2007. № 6. с. 5-11.
3. Мансуров Р.Х., Кряжев С.Г., Зеликсон Б.С. Минералого-геохимические особенности рудопроявления Южное, Енисейский кряж // Руды и металлы. 2017. № 1. С. 55-66.
4. Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е., Зверев А.И. и др. Модели месторождений золота Енисейской Сибири. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. 584 с.
5. Сердюк С.С., Кириленко В.А. Геология и перспективы золотоносности южной части Южно-Енисейского рудного района // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2013. Т. 6. № 8. С. 968-994.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОЛОЙСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА)

Николаев Ю. Н., Бакшеев И.А., Калько И.А., Сидорина Ю.Н., Джеджев Г.Т.
nikolaev@geol.msu.ru, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

К категории объектов, промышленное освоение которых ведется (или планируется в ближайшее время) на Чукотке, относятся месторождения золото-кварцевой, золото-серебряной и медно-порфировой рудных формаций. Наиболее востребованными на сегодняшний день и вовлеченными в промышленную отработку являются месторождения золото-серебряной формации с богатыми (бонанцевыми) рудами (Купол, Кубака и др.), расположенные во внешней зоне Чукотского сектора ОЧВП. В сопряженной с ним Олойской зоне известны многочисленные проявления и аномальные геохимические поля, в которых также прогнозируется Au-Ag оруденение.

Золото-серебряные проявления Олойской зоны по составу характеризуются широким разнообразием: они сложены различными минеральными парагенезисами, зачастую совмещенными в пространстве с другими типами оруденения, прежде всего медно-порфировой и серебро-полиметаллической формаций. Наблюдаемое разнообразие типов Au-Ag минерализации связано с различной эродированностью крупных вулкано-тектонических структур (ВТС). В наиболее эродированных ВТС, сложенных вулкано-терригенными образованиями верхней-средней юры с глубинными магматическими образованиями габбро-монцит-сиенитового состава связаны относительно бедные прожилковые и вкрапленные Au-Ag руды. В наименее эродированных ВТС, сложенных ниже-(верхне?) меловыми вулканитами, вмещающими субвулканические и интрузивные образования средне-кислого состава одного с ними или более молодого возраста наиболее вероятно выявление богатых (бонанцевых) золото-серебряных руд. Из числа первых к промышленным типам с высокой вероятностью можно отнести только Au-Ag руды IS типа порфирово-эпитермальных систем.

При отсутствии затруднений в выявлении Au-Ag объектов главной проблемой является разбраковка и оценка перспективности аномальных полей на ранних стадиях поисковых работ вследствие сходства составов геохимических аномалий (ГА) промышленных и непромышленных типов золото-серебряной минерализации, служащей их источником. Такие проблемы существуют при разбраковке ГА, формирующихся за счет:

- умеренносulfидных Au-Ag руд порфирово-эпитермальных систем (IS тип) и гидротермальной плутоногенной серебро-полиметаллической (с золотом) формации;
- убогосulfидных Au-Ag руд порфирово-эпитермальных систем (LS тип) и вулканогенной золото-серебряной формации;
- золото-серебряных проявлений в карбонатно-терригенных и терригенных толщах, в том числе золото-сульфоантимонидных, «затушеванных» их совмещением с более ранней серебро-полиметаллической минерализацией.

Для разбраковки ГА наиболее эффективно комплексирование геохимических методов с минералогическими и термобарогеохимическими исследованиями, материалом для которых служат образцы руд и метасоматитов, выбираемые в поисковых маршрутах.

Основная информация, получаемая при минералогических исследованиях - выявление индикаторных минералов и их парагенезисов, примесей в минералах, пробности золота, присущих конкретным минеральным типам и подтипам оруденения. Индикаторные минералы присутствуют в рудах в незначительных количествах и их «следы» зачастую не выявляются в потоках и вторичных ореолах рассеяния.

С помощью термобарогеохимических исследований определяются условия и параметры рудообразования оцениваемых типов и подтипов оруденения.

Проведенными комплексными исследованиями установлено:

- 1) Золото-серебряная минерализация IS типа, сопряженная в Олойской зоне с позднечукотско-раннемеловыми медно-порфировыми системами (егдыгычский комплекс),

имеет промышленные перспективы (месторождение Весеннее) и выявляется по ореолам и потокам Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As. Au-Ag-полиметаллические проявления гидротермальной гранитоидной формации, развитые в тех же районах, являются источниками сходных по составу и интенсивности аномальных потоков и ореолов рассеяния. Главными минералами умеренносulfидных руд обоих типов являются пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, второстепенными – арсенопирит, цинкистые блеклые руды, редкими - акантит, гессит, Ag-сульфосоли (пирсеит-полибазит), самородное золото, электрум.

Основные различия: для минерализации IS типа главные индикаторы – родохрозит и марганцовистый доломит, основным концентратором As является теннантит-тетраэдрит, Ag – гессит и электрум, пробность Au – 680-735 ‰, присутствуют Au-Ag-теллуриды и петцит. В Au-Ag--полиметаллических рудах гранитоидной формации основными концентраторами As являются арсенопирит и блеклые руды, Ag – электрум и акантит, присутствуют фрейбергит, бурнонит, кюстелит, имитерит, пробность золота - 635 ‰ (электрум).

Близкие к промышленным кондициям проявления IS типа сопровождаются богатыми россыпями золота. Золотосодержащие серебро-полиметаллические руды не имеют промышленные перспективы, поскольку уровень содержаний золота в изученных объектах (0,5-2 г/т) не позволяет в настоящее время разрабатывать их даже открытым способом.

2) Золото-серебряная минерализация, сопряженная с медно-порфировыми системами, более позднего (раннемелового) возраста (мангазейский комплекс) характеризуется составом, близким к Ag-полиметаллическим проявлениям гидротермальной вулканогенной формации. Основные минералы: галенит, сфалерит, арсенопирит, As-пирит, халькопирит, второстепенные - буланжерит, бурнонит, железистый теннантит, фрейбергит, акантит, науманнит, марказит. Концентраторы серебра - фрейбергит и акантит.

Основным отличием Au-Ag минерализации эпитермально-порфировых систем от золото-серебро-полиметаллической минерализации гранитоидной формации являются более высокие t гомогенизации рудообразующих флюидов: (150-400^oC против 100-340^oC) и повышенная соленость ГЗВЖ включений в кварце (1,2-37 против 0,3-5,2 масс.% NaCl экв).

3) Золото-серебряная убогосulfидная минерализация LS типа, которую связывают с порфирово-эпитермальными системами, в Олойской зоне ассоциируется с гидротермальной активностью, обусловленной внедрением монцитонитов егдыкгычского и мангазейского комплексов, с которым сопряжены порфировые системы рудных полей Песчанка, Находка, Аскет и др. Эпитермальную LS ассоциацию можно рассматривать как часть этих систем.

Золото-серебряная минерализация обоих типов является источником формирования интенсивных потоков и вторичных ореолов рассеяния Au и Ag и слабоинтенсивных – As и Sb, разбровка которых по их принадлежности затруднительна. Промышленная значимость в исследуемых районах неодинакова: LS тип представлен непромышленными проявлениями, в то время как месторождения золото-серебряной вулканогенной формации (Купол, Кубака, Валунистое и др.) являются основным источником добычи золота на Северо-Востоке РФ.

Минеральные ассоциации обоих типов представлены простыми sulfидами (халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, арсенопирит, марказит) с низкопробным самородным золотом, фрейбергитом, науманитом, sulfидами и селенидами серебра, серебросодержащими sulfосолями, суммарное количество которых не превышает 1%.

Руды вулканогенной формации отличаются большим разнообразием sulfосолей серебра (Se-степанит, Se-пираргирит, Se-акантит, Se-полибазит, Se-миаргирит, Se-прустит), являющихся основным концентратором серебра, и более высокой «серебристостью». В отличие от руд LS типа в них нет минералов и примесей теллура, а также киновари, зато присутствуют бертьерит, антимонит, ютенбогардит, фишессерит.

Минеральные комплексы золото-серебряной вулканогенной формации формировались при низких температурах и характеризуются слабой минерализованностью: Купол $t = 120-260^{\circ}\text{C}$, соленость от 0,2-1,2 вес.% до 1.4-2.7 вес.% экв.NaCl; на месторождении Двойное – $t = 133-248^{\circ}\text{C}$, соленость 0,5-3,9 вес.% экв.NaCl. Минерализация LS типа более высокотемпературная ($t = 230-340^{\circ}\text{C}$), флюиды более минерализованы 1,1-5,9 вес.% экв.NaCl.

ПОЗДНИЙ МЕЛ-ПАЛЕОЦЕНОВОЕ В-РВ-ZN РУДООБРАЗОВАНИЕ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ (ДАЛЬНЕГОРСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН)

Раткин В.В., Симаненко Л.Ф., Елисеева О.А.

ratkin@yandex.ru, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток,
Россия

Дальнегорский рудный район занимает центральную часть Таухинской металлогенической зоны [1], которая в геолого-структурном плане соответствует одноименному террейну юрско-раннемелового Сихотэ-Алиньского орогенного пояса.

В структурном отношении Таухинский террейн - это фрагмент раннемеловой аккреционной призмы, в тектоно-стратиграфической последовательности которой чередуются толщи берриас-валанжинских флишоидов, триасово-юрских кремнистых пород и олистостромовые толщи с гигантскими олистолитами палеозойских и триасовых известняков [2].

Террейн практически нацело перекрыт чехлом поздний мел-палеоценового Восточно-Сихотэ-Алиньского пояса (ВСАВП). В его основании находятся маломощные позднесеноманские молассоиды с базальтами. Выше залегает турон-кампанская толща платоигнимбритов и туфов приморской серии мощностью до 3.2 км. В маастрихте-палеоцене выше платоигнимбритов приморской серии формируется толща известково-щелочных вулканитов от среднего до кислого состава (дальнегорская свита). Вулканиты слагают постройки центрального типа, выполняя отчетливо выраженные кальдеры и грабены, и сопровождаются внедрением многофазных дифференцированных гранитоидных интрузий.

На площади Дальнегорского района отчетливо проявлены локальные интрузивно-купольные поднятия, которые контролируют размещение месторождений бора, свинца и цинка. В ядрах этих поднятий, в виде горст-антиклиналей, обнажаются породы нижнего структурного этажа - складчатые комплексы Таухинской аккреционной призмы. В западной части района в таких ядрах присутствуют характерные олистостромовые толщи с крупными олистолитами триасовых известняков. Именно они служат субстратом для скарновых борных и Pb-Zn месторождений. А в северной и восточной части района локально обнажающийся нижний структурный этаж сложен преимущественно раннемеловыми породами. Здесь присутствуют только месторождения жильных Pb-Zn руд в осадочных породах раннемелового фундамента и в вулканитах поздний мел-палеоценового чехла.

Бор-свинцово-цинковое рудообразование Дальнегорского района реализовалось в форме двух обособленных этапов.

Ранний (кампанский) этап рудообразования отвечает финалу формирования турон-кампанской толщи платоигнимбритов (около 78 млн. лет). В это время была сформирована гигантская зона гроссуляр-волластонитовых скарнов с данбуритом на Дальнегорском месторождении [3].

Поздний (палеоценовый) этап рудообразования соответствует финальным фазам маастрих-палеоценового (дальнегорского) этапа вулканизма. Были образованы скарновые и жильные свинцово-цинковые месторождения.

Месторождения свинцово-цинковых руд, тесно ассоциированные с ильваит-андрадит-геденбергитовыми скарнами, определяют главную продуктивную свинцово-цинковую металлогеническую нагрузку Дальнегорского рудного района. В своей структурно-литологической приуроченности скарновые месторождения однотипны. Все они располагаются на участках, где олистостромовые толщи с известняками пространственного сопряжены с бортами вулканических кальдер. По данным ³⁹Ag/⁴⁰Ag датирования, скарновые свинцово-цинковые месторождения Дальнегорского рудного района возникли в конце палеоцена (57.22±0.24 млн. лет), в завершении позднего этапа магматизма, вслед за

формированием так называемого дальнегорского гранодиорит-гранитного интрузивного комплекса ($60 \pm 0,45$ млн.лет).

В скарново-полиметаллических телах проявлена вертикальная изменчивость в распределении руд. Верхние горизонты богаты галенитом, а на нижних доминирует сфалерит. Наиболее выразительно такая типовая изменчивость проявлена в крутопадающих телах Партизанского месторождения, которые были сформированы на контакте пластообразного вертикально падающего тела известняков. На СВ фланге Партизанского месторождения поздние ильваит-андрадит-геденбергитовые скарны пространственно совместились с зоной ранних гроссуляр-воластонитовых скарнов Дальнегорского боросиликатного месторождения. Ранний данбурит, исключая локальный участок на удаленной северо-восточной периферии Дальнегорского месторождения, полностью заместился минералами скарновой ассоциации, ортоклазом, кварцем и кальцитом. Мобилизованный бор был переотложен в поздних ильваит-андрадит-геденбергитовых скарнах в форме датолита и аксинита [3].

Жильные свинцово-цинковые месторождения сопряжены с центрами маастрихт-палеоценового вулканизма и локализируются на субвулканическом уровне в терригенных породах таухинского фундамента и в толщах вулканического чехла. Жилы пересекаются базальтовыми дайками раннеэоценового возраста (55-56 млн.лет). На жильных месторождениях отчетливо проявлена аналогичная скарновым вертикальная минералого-геохимическая зональность рудных столбов с доминированием в составе руд на верхних горизонтах свинца, а на нижних - цинка.

Не смотря на пространственную разобщенность, отчетливо выражена тесная ассоциированность и скарновых, и жильных свинцово-цинковых месторождений с центрами маастрихт-палеоценового вулканизма. Одновозрастность, однотипный характер эволюции рудных процессов и аналогичная минералого-геохимическая зональность рудных тел определенно указывает на родственность скарновых и жильных месторождений, которые связаны как единый морфогенетический ряд (семейство). Морфологический тип месторождений определяется спецификой пространственного сочетания породного комплекса раннемелового фундамента и вулкано-плутонических структур ВСАВП. На участках, где в составе раннемелового фундамента вулканического пояса присутствуют олистостромовые толщи с телами известняков, рудообразование реализуются как скарново-гидротермальный процесс. Вне этих участков формируются жильные месторождения. При этом положение месторождений в разрезе вулканического чехла варьирует. В горст-антиклинальных поднятиях, жильные, также как и скарновые, месторождения формируются в основании чехла и связаны с осадочными комплексами его раннемелового фундамента. Но на участках, где фундамент находился под мощным вулканическим чехлом, уровень локализации жильных рудных тел продвинут к палеовулканической поверхности и располагается в толще вулканических пород, на субвулканических глубинах.

Литература

1. Геология и полезные ископаемые Приморского края. Владивосток: Дальнаука. 1995. 66 с.
2. Голозубов В.В. Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 2006. 239 с.
3. Рагкин В.В., Карась О.А., Голозубов В.В. Природа бороносности Таухинской металлогенической зоны Сихотэ-Алиня и источники бора при формировании Дальнегорского месторождения//Тихоокеанская геология. 2016. Т.35. №5. С. 101-115.

ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Тубольцев И.С., Устинов С.А., Петров В.А., Кузнецов Ю.М.

john_rus97@mail.ru, ИГЕМ РАН, г. Москва, Россия

Месторождения порфирирового семейства относятся к числу главных источников Cu, Mo, а также Ag, Sn при сопутствующих Re, W, In, Pt, Pd, и Se. На их долю приходится от 50 до 60% мирового производства меди и более 95% мирового производства Mo.

Забайкальский край является старейшим горнорудным районом России. Его минерально-сырьевые ресурсы представляют собой основу социально-экономического развития не только Восточной Сибири, но могут обеспечить потребности России в целом. Здесь сосредоточен почти полный набор месторождений полезных ископаемых, в том числе крупных и уникальных (Удокан, Катугино, Стрельцовское рудное поле, Чиней, Бугдая, Балей, Жирекен, Дарасун, Гарсонуй, Шивертуй). В пределах края сконцентрировано: 80% общероссийских запасов лития; 38% плавикового шпата; 27% молибдена; 21% меди; 18% тантала; 16% ниобия; 9% свинца; 7% золота; 18% титана; 2,8% цинка; 4,6% вольфрама; 1,6% угля; 75% цеолитов. Несмотря на такое обширное количество полезных ископаемых и разведанных месторождений, в Забайкальском крае существуют серьезные проблемы, сдерживающие развитие минерально-сырьевой базы и освоение этих месторождений. Одной из таких проблем является неразвитость транспортно-коммуникационных сетей (ТКС).

Для оценки перспектив развития ТКС в рамках представляемой работы реализована экспедиция в юго-восточную часть Восточного Забайкалья (Александрово-Заводский и Газимуро-Заводский районы). Авторами были посещены разведанные месторождения стратегических металлов (Быстринское, Бугдаинское, Лугоканское), собраны эталонные коллекции вмещающих горных пород, метасоматитов и руд для доизучения элементов-примесей, собран уникальный каменный материал, характеризующий минерально-сырьевую базу месторождений стратегических металлов. На основе полученных данных создан пилотный ГИС-проект главных геолого-экономических факторов развития транспортно-коммуникационных сетей Забайкальского края [1].

В качестве основного существующего типа ТКС изученного района выступают сеть грунтовых дорог и железная дорога Борзя – Газимурский завод, которая была запущена во временную эксплуатацию в декабре 2015 года. Финансирование проекта осуществлялось в рамках государственно-частного партнёрства. На данный момент рассматриваемый участок железной дороги обеспечивает нужды Быстринского горно-обогатительного комбината (ООО «ГРК Быстринское»), который является дочерней компанией ПАО «ГМК "Норильский никель"». Балансовые запасы меди на Быстринском месторождении по категориям В, C₁ и C₂ составляли на начало 2017 года 2,1 млн тонн меди, золота – 9,5 млн унций на сентябрь 2017 года, серебра – 34,1 млн унций. Вмещающие оруденение породы на месторождении представлены доломитами, известняками с прослоями терригенных пород, переслаивающимися песчаниками, алевролитами и мраморизованными известняками, углистыми аргиллитами с конгломератами, а также туфопесчаниками, туффитами и туфами среднего состава.

Кроме того ГМК «Норильский никель» принадлежит лицензия на обработку Бугдаинского месторождения, расположенного неподалеку от Быстринского ГОКа в Александрово-Заводском районе Забайкальского края. На месторождении проведены геолого-разведочные работы с целью подготовки его к промышленному освоению и осуществлено строительство линии электропередачи. В 2007 г. Государственная комиссия по запасам утвердила запасы месторождения по категориям В+C₁+C₂, которые составили 600 тыс. тонн Mo, 11 тонн Au, 194 тонны Ag и 41 тыс. тонн Pb. Производительность по руде оценивалась в 16 млн. тонн в год. Бугдаинское штокверковое месторождение находится на экзоконтакте едва вскрытого эрозией позднюрского плутона, выход которого площадью 4 кв. км находится в 1,5 км к юго-западу от участка месторождения и представлен

граносиенитами. Вмещающими оруденение породами являются герцинские биотитовые граниты, прорванные дайками гранит-порфиров и диоритовых порфиритов. Рудные минералы - молибденит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит и др. Планировалось, что ключевым элементом транспортной инфраструктуры для освоения минерально-сырьевых ресурсов Бугдаинского месторождения станет новая железнодорожная дорога Нарын – Лугокан. К сожалению, в 2014 г. в связи с неблагоприятной конъюнктурой мировых цен на молибден право пользования недрами месторождения Бугдаинское приостановлено на 5 лет по инициативе недропользователя, а железная дорога так и не была построена.

Изначально ГКМ «Норильский никель» планировал осваивать пять месторождений полезных ископаемых Забайкальского края. Помимо Быстринского и Бугдаинского предполагалось начать отработку месторождений Лугоканского рудного узла (Лугоканское, Солонеченское и Серебряное). Предварительно, показатели запасов для Лугоканского золото-медного (с серебром) скарнового месторождения по категории $C_1 + C_2$ следующие: медь – 300 тысяч тонн, золото – 30 тонн, серебро – 650 тонн. На Солонеченском сурьмяно-золотом месторождении запасы по категориям $C_1 + C_2$ составляют 585 тыс. тонн руды и 63 тыс. тонн сурьмы (при содержании 10,77%). Кроме того, Лугоканская площадь включает Серебряное месторождение с рудопроявлением Черен-Заречный, суммарные запасы которых составляют 1,32 миллиона унций золота и 19,2 миллиона унций серебра.

Домезозойский фундамент Лугоканского рудного узла сложен рифейскими-нижнекембрийскими (быстринская свита) и девонскими терригенно-карбонатными отложениями (ильдиканская и яковлевская свиты), которые смяты в линейные складки северо-восточной ориентировки, прорванные ундинскими гранитоидами.

В геологическом строении Лугоканского месторождения принимает участие палеозойская сланцево-карбонатная толща, прорванная интрузивными телами гранодиорит-порфиров шахтаминского комплекса и позднеюрскими дайками. Промышленное молибденитовое, полиметаллическое, золото-полиметаллическое и золотое оруденение связано с комплексами малых интрузий. Рудные тела имеют пластообразную форму при часто переменной мощности, как по простиранию, так и по падению.

На Серебряном месторождении рудные тела выделяются исключительно по данным опробования. Мощность их составляет от единиц до десятков метров. Пирротин-халькопиритовая минерализация приурочена к дайкам. Золото-пирит-арсенопиритовая, золото-полиметаллическая, золото-висмут-теллуридная и сульфосольная минеральные ассоциации приурочены к зонам брекчирования, катаклаза, трещиноватости, совпадающими с зонами интенсивной метасоматической проработки.

Солонеченское месторождение локализовано в стратифицированном пласте джаспероидов и приурочено к Солонеченскому разлому северо-восточного простирания среди терригенно-карбонатных отложений быстринской свиты нижнего кембрия.

В результате проделанной работы разработан вариант схемы перспективного развития транспортной инфраструктуры Восточного Забайкалья.

Работа выполнена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» и Российского фонда фундаментальных исследований.

Литература

1. Устинов С.А., Бортников Н.С., Петров В.А., Коваленкер В.А., Волков А.В. ГИС основа оценки геолого-экономических факторов развития транспортно-коммуникационных сетей (на примере месторождений стратегических металлов ЮВ Забайкалья) / «Основные проблемы в учении об эндогенных рудных месторождениях: новые горизонты». Всероссийская конференция, посвященная 120-летию со дня рождения выдающегося российского ученого академика А.Г. Бетехтина. Москва, 20-22 ноября 2017 г. Материалы конференции. М.: ИГЕМ РАН, 2017. С. 469-472.

ПОЛОЖЕНИЕ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ В СТРУКТУРАХ МАЛОГО КАВКАЗА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ЧАСТИ

Аббасов Н.А., Рустамова Р.Е., Гусейнова А.Н.
puccina2012@yahoo.com

В пределах азербайджанской части Малого Кавказа выявлены две медно- и молибден-порфировые структурно-формационные зоны: Мисхано-Зангезурская и Лок-Агдамская. Эти зоны различаются геодинамическими режимами становления и металлогенической зональностью. Проявление медно-порфировых руд в Лок-Агдамской зоне происходило в позднегеосинклинальной стадии развития и по времени охватывало в позднегеосинклинальной стадии развития и по времени охватывало верхнебайос-верхнеюрское время. В Мисхано-Зангезурской же, оно соответствует орогенной и протекает в верхнем эоцен-миоцене. Как в одной, так и в другой зоне, медно- и молибден-порфировые месторождения формируются в периферийных частях геосинклиналей, где создаются наиболее благоприятные условия для внедрения гранитоидных интрузий, с которыми генетически и пространственно увязываются эти руды. Выявленные в Лок-Агдамской и Мисхано-Зангезурской зонах месторождения порфировых руд отличаются друг от друга не только тектоническим режимом формирования и особенностями геологического строения, но и по содержанию и соотношению главных полезных компонентов - меди и молибдена. Значит среди медно-и молибден-порфировых месторождений Малого Кавказа выделяются две группы: 1. Медно-порфировые с небольшой примесью молибдена, приуроченные к простым по составу штокообразным телам кварц-диорит-порфиритов гранодиоритовых комплексов натровой серии. 2. Молибден-порфировые с подчиненным значением меди, связанные с порфировыми интрузиями гранитных комплексов калиевой серии. Для этих комплексов характерен длинный эволюционный гомодромный ряд развития магматизма от основных к кислым по мере перехода от ранних к более поздним фазам. Месторождения, связанные с такими комплексами размещены только в Мисхано-Зангезурской зоне. Ниже для сравнительной оценки дано описание медно-молибден-порфировых месторождений указанных зон. С этой целью соискателем проведены дополнительные исследования в пределах Сомхито-Агдамской зоны. В Лок-Агдамской зоне медно-порфировое оруденение установлено в Кедабекском рудном районе (Шамхорский антиклинорий), а также в Муровдагском и Мехманинском рудных районах. В Кедабекском рудном районе соредоточены Хархарское, Карадагское, Маарифское, Беюк-Калачинское и др. месторождения и проявления, среди которых наиболее перспективными являются первые два. В геологическом строении района в развитии медно-порфировых руд принимают участие осадочные и вулканогенно-осадочные образования байоса, бата и верхней юры, прорванные Атабек-Славянской плагиигранитовой интрузией. Оруденение приурочено, главным образом, к гидротермально-измененным вторично-кварцитовым (особенно серицит-мусковитовым) фациям плагиигранитовой интрузии и локализуется в апикальной части последней, в полосе интенсивной трещиноватости. В плане рудное тело (Хархарское) представлено штокверком, протягивающимся в субмеридиональном направлении в длину около 3 км при мощности до 1 км. Наиболее типичны крупные прожилковые зоны, часто с субпараллельно ориентированными системами ветвящихся прожилков, сопровождающихся компактными ореолами вкрапленных руд. Ориентировка рудных прожилков в пространстве строго подчиняется элементам залегания рудораспределяющих разрывных структур. Вертикальный размах оруденения Хархарского месторождения около 950 м. Главными минералами первичных руд являются халькопирит, пирит и молибден, из нерудных - кварц, серицит. Второстепенные минералы представлены галенитом, сфалеритом, борнитом, магнетитом. Среднее содержание меди в гипогенных рудах 0,35%, в зоне вторичного сульфидного обогащения 0,3- 0,54%, при содержании молибдена 0,001-0,01% (Хархарское

месторождение). На Карадагском месторождении содержание этих компонентов в зоне вторичного обогащения колеблется в пределах 0,1-1,2% (в среднем 0,49%) для меди и 0,001-0,009% (в среднем 0,002%) для молибдена. Общность их прежде всего проявляется в том, что эти месторождения отличаются характерными особенностями, присущими медно-порфировой формации, оруденение имеет пирит-халькопирит-молибденитовый состав, штоковерковую прожилково-вкрапленную морфологию и контролируется трещинными зонами, оперяющимися региональные разломы. Месторождения располагаются на пересечении общекавказских и северо-восточных разломных структур и контролируются протяженными линейно-ментными зонами, в пределах которых медно-порфировая минерализация обнаруживает тесную пространственно-временную связь с колчеданным оруденением, сменяя их в ходе металлогенической эволюции геосинклинали. Региональный контроль в размещении оруденения осуществляется вышеупомянутой Кедабек-Далидагской субмеридиональной линейно-ментной зоной. К узлу ее пересечения с наиболее приподнятой частью Муровдагского антиклинория приурочены интрузивные тела габбро-диорит-гранодиоритовой формации, с которыми пространственно и, возможно, генетически связаны проявления медно-порфировых руд. Рудная минерализация тяготеет к кварц-серцитовой и реже к кварц-мусковитовой фациям вторичных кварцитов, в которых вкрапленники и прожилки-вкрапленники пирита, халькопирита и молибденита в ассоциации с другими второстепенными минералами образуют штокверк. Медно-порфировые руды в пространстве и во времени тесно увязываются с колчеданным оруденением. Тем самым допускается сопряженность в пространстве разнотипных, но одновозрастных руд.

Наконец, в юго-восточной части Сомхито-Агдамской зоны, в участке сопряжения Агдамского антиклинория с поперечным Далидаг-Мехманинским поднятием, размещен Мехманинский рудный район с многочисленными проявлениями медно-порфировых руд. Здесь также в пространстве и во времени сопряжены месторождения колчеданных и медно-порфировых руд. Месторождения медно-порфировой формации (Хачинчайское, Джанятагское, Гюльятягское, Дамирлинское, Агдара-Касапетское и др.) приурочены к экзо- и эндоконтактов ой зоне Мехманинского полифазного и полифациального интрузива габбро-диорит-гранодиоритовой формации, внедрившегося в поздне-геосинклиналиной стадии развития области (поздняя юра-ранний мел). Пространственно он сопряжен с базальт-андезит-дацитовый формацией, слагая вулканоплутоническую ассоциацию. Интрузив всецело прорывает вулканы юры, а местами несогласно перекрывается более молодыми отложениями мела. В нем развиты породы, варьирующие по составу от диоритов, кварцевых диоритов до аплитовидных плагиогранитов и секущих их жильных дериватов-гранодиорит-порфиров, сиенит-диоритов, кварц-диоритов и липарит-дацитовых порфиров, лампрофиров. В участках развития медно-порфирового оруденения преобладают умеренно кислые разности пород. В Ордубадском рудном районе оруденение сосредоточено в западной экзо- и эндоконтактной полосе Мегри-Ордубадского полифазного и полифациального гранитоидного массива, приуроченного к крупному геантиклинальному поднятию. При этом медно- и молибден-порфировые месторождения и сопутствующие им другие типы руд пространственно связаны с рудоносными грано-диорит-порфировыми фазами интрузий, располагаясь в их апикальных частях. С северо-запада к юго-востоку в Ордубадском рудном районе выделяются следующие рудные месторождения медно- и молибден-порфировых руд: Гей-Гельское, Гейдагское, Парагачайское, Мунундаринское, Капуджихское, Диахчайское, Шелалинское, Яшыллыгское. Наиболее изученным из них и представляющим большой практический интерес, несомненно, является Парагачайское. Интерес к этому месторождению повышается еще и тем, что будучи типичной жилькой своей морфологией, оно на относительно глубоких горизонтах представлено также штокверковыми порфировыми рудными телами.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ ГОРНОГО ДАГЕСТАНА

Багатаев Р.М.

geoncenter@mail.ru, Центр геологического изучения и оценки недр, Махачкала, Россия

Колчеданно-полиметаллическое оруденение в юрских черносланцевых толщах Горного Дагестана исследуется с начала 90-х годов XX века. Известны отдельные сведения о повышенном содержании золота в некоторых образцах колчеданно-полиметаллических руд, локализованных вдоль определенных линейно вытянутых жильно-штокверковых зон (Богданович К.И., 1902; Довгат М.М., 1914; Ренгартен В.П., 1927; Филимонов И.Д., 1938; Еремеев А.Е., 1954 и др.). В 1965 году открыто медно-колчеданное месторождение Кизил-Дере, детальная разведка которого завершена в 1984 году с подсчетом запасов цветных металлов и золота. Содержания последнего в медно-колчеданных и цинково-колчеданных рудах составило 0,12-0,3 г/т.

Поисковые работы по оценке коренного золота и серебра в колчеданно-полиметаллических рудах начаты на Куруш-Мазинском рудном поле, расположенном в юго-восточной части черносланцевых толщ Горного Дагестана (Романов Н.Т., Черненко Ю.Я., 1979). По ограниченному объему работ на участке одного рудопроявления в линейных жильно-штокверковых рудных зонах были определены содержания золота 0,1 - 9 г/т и серебра 0,1 - 83 г/т. Целевое изучение коренной золотоносности рудного поля было прервано из-за прекращения финансирования.

В результатах поисковых работ по локализации и оценке ресурсов рудного золота на Северном Кавказе в Горном Дагестане указаны потенциально перспективные металлогенические объекты: Мачхалорский и Самурский рудные узлы и Ахтычайский рудный район. При этом в оцененные прогнозные ресурсы указанные таксоны не включены из-за ограниченности данных качественной характеристики оруденения золота (Яшинин С.Б., Курбанов Н.К., 2004).

Анализом и обобщением всех данных по золотоносности Горного Дагестана, полученных в разные периоды проведения геолого-съемочных и геологоразведочных работ на цветные металлы в начале 2000-х годов обоснована целесообразность геологических исследований коренного золота в колчеданно-полиметаллических рудах черносланцевых толщ. Поисковые работы осуществлены в 2007-2016 годы на Куруш-Мазинском рудном поле. Оно находится в пределах Восточного сегмента Большого Кавказа, который традиционно оценивается весьма перспективно на обнаружение промышленных скоплений благородных (золото, серебро) и цветных (медь, свинец, цинк) металлов различных геолого-промышленных типов и генетических формаций в черносланцевом субстрате нижней и средней юры.

По характеру рельефа, определяющего горные условия их проведения рудное поле разделено на две площади по Ихирскому водоразделу, приуроченные к бассейнам рек Чехычай (Курушская площадь) и Маза (Мазинская площадь). В пределах этих площадей выделен ряд участков относительной концентрации кварц-карбонат-сульфидных рудопроявлений, которые в геолого-структурном отношении находятся в зонах линейных систем антиклиналей. На наиболее перспективных участках, содержащих золото в колчеданно-полиметаллических рудах были проведены основные объемы поверхностных горных выработок и керновых скважин. Соответственно получены новые фактические наблюдения геолого-структурных условий локализации руд, изучены структурно-морфологические особенности минерализованных зон и выделенных в них рудных тел, отобрано множество различных проб, исследованиями разными методами которых установлен вещественный состав околорудных вмещающих пород и рудных образований, определены метасоматические изменения, парагенезис минералов и т.п.

В Куруш-Мазинском рудном поле черносланцевая толща представляется как сплошная складчатая структура, в которой складки следуют одна за другой при одинаковом, в среднем,

развитии антиклиналей и синклиналей. При этом отдельная складка не является обособленным тектоническим образованием, а составляет часть целой структуры и подчинена её общему плану: складка следует простиранию, единому для определенного складчатого пучка. Наклон её осевой поверхности, форма в плане и разрезе также определяются общим структурным планом. Вероятно, что такая складчатая структура возникла в результате общего ориентированного движения масс в горизонтальном направлении, захватившего значительную территорию (Греков И.И. и др., 2008).

В утилитарном смысле на фоне ряда более мелких складчатых структурных образований через рудное поле в субширотном – северо-западном направлении прослеживаются три системы антиклинальных складок: Ихирская - северная, Мукеркамская - центральная и Чехычайская - южная, разделенные Чехычайской и Перевальной синклиналиями, соответственно. Складки имеют асимметричное строение.

Через рудное поле проходят глубинные разломы общекавказской и субмеридиональной ориентировки. Первые объединяют серию продольных долгоживущих тектонических разломов в чехле, имеют собственные названия: Хновский, Ахтычайский, Даличайский и др. Ахтычайский разлом рассматривается как консидементационный, проходящий вблизи осевой части рифта. А два других - сформированные в период складкообразования, последующего интрузивного магматизма, а также процессов регенерации первичных колчеданных руд. Следовательно, эти разрывные нарушения могли играть непосредственную роль в образовании и локализации золотосодержащего колчеданно-полиметаллического оруденения (Маркус М.А., 1986).

В целом по геолого-структурным особенностям Куруш-Мазинского рудного поля можно говорить о складчато-надвиговом поясе, разделяемым на внутреннюю и внешнюю зоны. Вероятно, что в сочленении этих зон на некоторых глубинах при динамометаморфизме зарождались очаги гидротермальных растворов. Последние выводились по срыву осадочного чехла с фундамента и отводились по сложным разрывным нарушениям в длительном процессе дислокации черносланцевых толщ и формирования линейно протяженных складчато-разрывных структур. Последние в поперечном сечении представляют структуру рудообразующей системы как взбросо-складки веерообразного вида.

К осевым частям систем антиклинальных складок приурочены различные жильно-прожилковые рудопоявления золотосодержащих колчеданно-полиметаллического состава. В соответствии с пространственным распространением оруденения в рудном поле выделяются единые линейно вытянутые минерализованные зоны, которые местами значительно перекрыты относительно мощными четвертичными отложениями и естественно обнажаются в долинах различных протоков бассейнов рек. Эти зоны имеют сходные структурно-морфологические черты и локализуются в линейно-секущие разрывные нарушения, прослеживаемые по простиранию систем антиклинальных складок. В них встречаются два основных структурно-морфологических типа колчеданно-полиметаллического оруденения, отличающиеся геолого-структурными условиями локализации, внутренним строением и минеральным составом: 1) жильно-прожилково-вкрапленный с кварц-карбонат-сульфидной (пирит, галенит, сфалерит) минерализацией; 2) массивный линзовидный с кварц-сульфидной (пирит, пирротин) минерализацией.

Проведенные исследования позволяют прогнозировать в углеродисто-терригенной толще нижней – средней юры Горного Дагестана следующие основные формационные типы оруденения золота, относящиеся к киммерийской и альпийской металлогеническим эпохам: бессульфидная (малосульфидная) золото-кварцевая; золото-мышьяковистая кварц-сульфидная; колчеданно-полиметаллическая с золотом; золото-кварц-полисульфидная; золото-карбонат-кварц-пиритовая; золотоносные кварц-пирит-серицитовые и кварц-пирит-хлоритовые метасоматиты.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТЫНАГОТСКО-САРАНШОРСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Владимирцева О.В.

МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Тынаготско-Сараншорский рудный узел располагается в 120 км к юго-востоку от города Инта и в 90 км к северу от поселка Саранпауль, в северной части Ханты-Мансийского Автономного Округа (Приполярный Урал) у слияния рек Хальмерью и Тынагота.

Данный рудный узел (рисунок 1) входит в Верхнелемвинский рудный район Лемвинской металлогенической зоны Западно-Уральской мегазоны Новоземельско-Уральской металлогенической провинции [1].

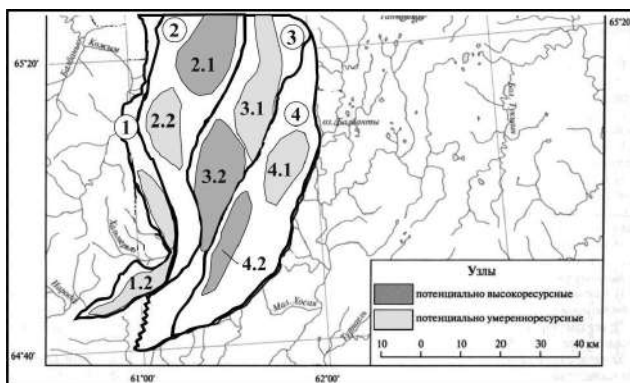


Рис.1

Прогнозно-минерогеническая схема южной части Верхнелемвинского, Центрально-Лемвинского, Восточно-Лемвинского и Неркаюского районов Лемвинской зоны (Составлена по материалам «Минерогенический потенциал недр России. Том 1: Полярный и Северный Урал»)

- 1 - Верхнелемвинский район, включающий Тынаготско-Сараншорский рудные узлы (1.2);
- 2 - Центрально-Лемвинский район с Верхнелемвинско-Тыколотовским (2.1) и Ярошорским (2.2) рудными узлами;
- 3 - Восточно-Лемвинский район с Тыкотловским (3.1) и Перевальным (3.2) рудными узлами;
- 4 - Неркаюский район с рудными узлами Неркаю (4.1) и Хосаю (4.2).

Приполярный и Полярный Урал в последние 10-15 лет привлекает внимание производственных исследовательских и организаций геологического профиля с целью воспроизводства минерально-сырьевой базы Российской Федерации, решения проблем минерогении, геодинамики, региональной геологии и проведения поисково-оценочных и разведочных работ [6].

Толчком для постановки и расширения поисковых работ на рудное золото послужило открытие в 1991 году месторождения Сосновое. В последние годы в пределах Верхнелемвинского рудного района выявлено два месторождения, 16 рудопроявлений золота и порядка 35 проявлений коренной золоторудной минерализации [7].

На территории Тынаготско-Сараншорского рудного узла к настоящему времени отработано два коренных месторождения золота (Сосновое, Тэлаиз) и 7 мелких аллювиально-делювиальных россыпей. Запасы золота на месторождении Сосновое по категории C_1 составили 265,5 кг при его среднем содержании 18,9 г/т; по категории C_2 – 1156 кг при среднем содержании 9,97 г/т (протокол ГКЗ МПР РФ №863 от 20.08.03 г.). Запасы золота на месторождении Тэлаиз по категории C_2 составили 2433 кг, при среднем содержании металла 8,11 г/т; прогнозные ресурсы категории P_1 – 1967 кг (протокол № 02/05 от 11.02.2005).

В рассматриваемом рудном узле известно несколько перспективных рудопроявлений, с суммарными авторскими прогнозными ресурсами по категории P_1 – 7,02 т, P_2 – 9,42 т, и

средними содержаниями золота в до 2,5г/т. В пределах этого рудного узла ожидается прирост запасов по категориям C_{1+2} до 3 т за счет обнаружения скрытых месторождений и мелких объектов, выходящих на дневную поверхность [5].

Промышленный интерес представляют техногенные образования, сформировавшиеся после отработки золотых россыпей. Золото россыпей Тынаготско-Сараншорского рудного узла было мелким, фракция $>0,25$ мм составляла 30%. При промывке россыпей использовались промприборы типа ПГШ (Прибор Гидроэлеваторный Шлюзовый), основной недостаток использования которого заключается в повышенных потерях мелкого золота. Следовательно, добывалось лишь золото относительно крупной фракции. В этой связи, следует ожидать, что эфельные отвалы россыпей богаты мелким золотом. В таких отвалах рек Хальмерью и Малая Тынагота, которые являются водотоками III-го порядка с весьма широкими долинами (до 150 м) среднее содержание химически чистого золота составляет 0,3 г/м³; золото преимущественно мелкое - на фракцию $>0,25$ мм приходится 75%. При этом отдельно складированы гале-эфельные отвалы, представляющие промышленный интерес, отдельно – пустые породы (валунно-галечные отвалы, вскрышные породы), известно и положение целиков. Для промывки эфельных отвалов рекомендуются использовать промприборы типа ПОУ (передвижная обогатительная установка, обеспечивает извлечение до 90% материала класса крупности 0,25 мм- 0,1мм) и ГМ (грохот промывочный гидромеханический, небольшая ширина щелей грохота - 30/40/50 мм, позволяет улавливать больше мелкого золота, вследствие уменьшения скорости потока на шлозах). По различным оценкам, на сегодняшний день в техногенных образованиях в долинах рек Хальмерью и Малая Тынагота с учетом целиков находится до 150 кг металла.

В Тынаготско-Сараншорском рудном узле при разведке россыпи реки Хальмерью выявлен погребенный пласт золотой россыпи на глубинах от 15 до 30 м, со средней мощностью 5 м и содержаниями металла от 1 до 20 г/м³ (единичные интервалы 50 г/м³). Разведочная сеть была редкой, по существу экономической оценки этой россыпи не было. Однако, в ней можно ожидать прирост запасов золота по категории C_2 до 300 кг. Тем более, что эти погребенные пески после отработки россыпи реки Хальмерью перекрыты лишь торфами (мощность от 3 до 7 м) и гале-эфельными отвалами.

Таким образом, в центральной части Тынаготско-Сараншорского рудного узла можно ожидать прирост запасов коренного золота по категориям C_{1+2} до 3 тонн, россыпного и техногенного золота до 450 кг. В существующих технико-экономических условиях рассмотрение данных объектов по отдельности, не представляет промышленного интереса, однако, при их комплексном освоении, себестоимость добытой единицы металла должна существенно снизиться, что служит основанием для постановки геологоразведочных работ.

Литература

А) Опубликованная:

1. Гусев Г.С., Гушин А.В. и др Минерагенический потенциал недр России. Выл. 2: Уральская покровно-складчатая область: В 3 т. Т. 1: Полярный и Северный Урал, Москва 2013, РОСНЕДРА, ГЕОКАРТ, ИМГРЭ.
2. Иванов В. Н., Курзанов И. Ю., Кузенков Н. А., Зархидзе Д. В. и др Государственная Геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000, Издание второе, Северо-Уральская Серия, Лист Q-41-XXVI (г. Ярота), Объяснительная записка, Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2009
3. Овчинников Л.Н. Полезные ископаемые и металлогения Урала. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.
4. Рундквист Д.В. - ред, Критерии прогнозной оценки территорий на твёрдые полезные ископаемые /. – Л.: Недра, 1986, 751с.

Б) Фондовая:

5. Бужор и пр. «Отчет о поисково-оценочных работах в пределах Хальмерьинского рудного узла и Пальникшорского проявления», с. Саранпауль. 2001 г.
6. Монтин С.А., Фельдман С.М. Проект на проведение геологоразведочных работ по объекту «Поисковые и оценочные работы на коренное золото в пределах участка Неркаинский-1», Москва. 2016.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПРИРОДНЫЕ ТИПЫ РУД РЕГИОНА ЦЕНТРАЛЬНАЯ КУБА

Де ла Нуэс Колон. Д., Оникиенко. Л. Д.

deysydelanuez2015@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Куба расположена в пределах северного сегмента Антильской островной дуги. Острова Антильский дуги и область Карибского Бассейна объединяются в Антильско-Карибского тектоническую область.

Антильская островная дуга протягивается с северо-запада на юго-восток на 3500 км в виде изогнутой петли (вокруг Карибского моря). Бассейн Карибского моря образован двумя глубоководными впадинами – Колумбийской (4240 м) на западе и Венесульской (5066 м) на востоке. Они имеют переработанную океаническую кору повышенной мощности.

Территория Кубы в настоящее время находится в пределах Северной литосферной Американской плиты, ранее – до конца эоцена – она представляла собой самостоятельную часть Карибской плиты (Итурральде Винент, М., 1998).

В геологическом строении Кубы принимают участие вулканогенные, вулканогенно-осадочные, осадочные и плутоногенные комплексы мезозойского и кайнозойского возраста.

Куба представляет собой сложную разновозрастную структуру. В её строении можно выделить отдельные районы, в том числе часть Багамско-Карибской платформы (северное побережье Кубы) на которую надвинуты с юга меловые островодужные вулканы, юрско-меловые офиолиты (реликты) древней океанической коры.

В дальнейшем деление Карибской плиты было связано с системой трансформенных разломов. Возраст процесса оценивается в интервале от среднего эоцена и позднего эоцена (Драпер и Барриос, 1994).

По словам Итурральде-Винент (2009, 2012), в строении архипелага Кубы, можно выделить два основных структурных элемента: 1- Ороген; 2- Неоплатформ Эоцен.

Ороген Территории Центральной Кубы представлен различными вышензванными структурными единицами. Значительная часть поверхности орогена покрыта отложениями, принадлежащими неоплатформе эоцена.

В северном части Центральной Кубы присутствуют офиолиты. Они образуют участки очень деформированной мантии, так как в период их формирования происходит смешивание пород Антильской тектонической дуги с офиолитами. Они представлены меланократовым фундаментом (перидотиты) и океаническими комплексами эффузивно-осадочных пород.

Породы вулканической дуги занимают большую часть центральной территории Кубы, около 2200 км² с возрастом от нижнего мела (неокома) до верхнего мела (кампанский ярус). Исследование позволило выделить по меньшей мере два основных этапа формирования вулканоплутологических комплексов с перерывом, диапазон которого неточен, предполагается между частью коньякского и сантонского ярусов. Нижний комплекс соответствует первому этапу (примитивная дуга), образованному от неокомского мела до верхнего туронского мела и характеризуется толстыми бимодальными вулканиками. Связанные с этими породами месторождения и проявления типа бимодальных колчеданных месторождений вулканогенной формации расположены в основном в районе Лос-Пасос (месторождения типа Куроко – Антонио, Сан-Фернандо, Лос Серрос, Индепенденция и др.) (Диас Де Вильяльвиля и др. 1997).

В вулканиках позднего этапа формирования дуги в Центральной Кубе идентифицированы два фазы: одна ниже уровня альба, превосходящая сантонский, характеризуется преобладанием андезито-базальтов, андезитов и шошонитов, которые чередуются с туфами, морскими туфитами и осадочных пород.

В островных дугах хорошо представлена плутоническая активность (гранитоиды Маникарагу).

В южной части Центральной Кубы располагаются метаморфические комплексы доюрского возраста с которыми связаны стратиформные и колчеданные месторождения. Породы комплексы можно разделить на два типа: первый Эскамбрай и второй Мабухина (Мильан, Г., 1997). С этим ландшафтом связаны стратиформные отложения типа – колчеданные месторождения в вулканогенно-осадочных и осадочных толщах (SEDEX).

Породы и структуры неоплатформенного эоцена были сформированы из верхнего эоцена после уплотнения сложного субстрата (Итурральде Винент, М., 1998). На этом этапе и до настоящего времени доминируют вертикальные колебательные движения.

Важнейшие полезные ископаемые Центральной Кубы: известны месторождения золотых, серебряных, медных, магниевых, железных, хромитовых руд, цементного сырья (известняки), полевых шпатов, цеолитов, пирита, каменной соли, гипса, кварцевого песка, облицовочных камней (серпентиниты, габбро, граниты) и др.

Литература

[1] Активные континентальные окраины и островные дуги Америки: «Антильская островная дуга» стр. 185-206.

[2] Драпер и Барриос. 1994. Куба. В: Донован, К.С и Яксон, Т. А., (редакторы) Карибская геология: Введение.

[3] Итурральде Винент, М., 1998. Поздний палеоцен до раннего среднего эоцена Кубинская островная дуга. В Али., Пауль и Чонг, (редакторы). Сделки третьей геологической конференции Геологического общества Тринидада и Тобаго и 14-я Карибская геологическая конференция. Том. 2:343-362.

[4] Итурральде Винент, М. 2009. Научный доклад полевого семинара «Комплекс Никойя» в Коста-Рике. Проект IGCP 433: Тектоника карибской плиты.

[5] Итурральде Винент, М., Гарция-Каско, А. Мартенс У., Лидияк, Э. 2012 PICG 433. Плато-тектоника Карибского бассейна (2000-2004 гг.) И PICG 546 Зоны субдукции Карибского бассейна (2007-2011 гг.). В ЮНЕСКО, PICG и IUGS Stories выгравированы на камне. 40 лет Международной программы наук о Земле (МПГК), стр. 110-117. 140 стр.

[6] Итурральде Винент, М. 2012. (редактор). Сборник геологии Кубы и Карибского бассейна. Второе издание. DVD-ROM. Редакция CITMATEL, Гавана, Куба.

[7] Мильан, Г., 1997. Геология метаморфического массива Эскамбрай. В Фурразола и Нуньес (редакторы) Геологические исследования Кубы. Институт геологии и палеонтологии. Гавана.

[8] Большая Российская энциклопедия 16. Москва Научное издательство Большая Российская энциклопедия. 2010.

[9] Диас Де Вильялвила и др. 1997. Изучение меловых магматических последовательностей Центральной Кубы и ее связь с золотой минерализацией (Cu, Zn, Pb, Au и Ag).

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРЕБРЯНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЕРХНЕ-МЕНКЕЧЕ (ЮЖНОЕ ВЕРХОЯНЬЕ)

Круглов Н.А.

kruglov-nic@yandex.ru, АО "Сарылах-Сурьма", пгт. Усть-Нера, Россия

Верхоянская металлогеническая провинция включает многочисленные рудопоявления и месторождения серебряно-полиметаллических руд, некоторые из них в настоящее время эксплуатируются. Наиболее изученными являются серебряно-полиметаллические объекты (Мангазейское, Прогноз) Западного сектора Верхоянской складчатой области, в то время как сведения о серебряно-полиметаллических месторождениях Южного Верхоянья носят фрагментарный характер, в том числе и о крупном по запасам серебра месторождении Верхне-Менкече, опытно-промышленная разработка, которого началась в 2016 г.

Южно-Верхоянский сектор Верхоянской складчатой области, заключенный между жесткими блоками (с запада – Сибирской платформой, с востока –Охотским массивом), протягивается в близмеридиональном направлении на 500 км, при ширине до 200 км [1,2]. В пределах сектора выделяются три основные тектонические структуры: Кылахская зона сочленения с Сибирской платформой, Сетте-Дабанский антиклинорий и Южно-Верхоянский синклинорий. Последний слагают песчаниково-аргиллит-алевролитовые отложения от среднего карбона до средней юры, которые образуют серию субмеридиональных асимметричных протяженных (до 300-400 км) килевидных синклинальных структур, разделенных антиклиналями сундучной и коробчатой формы [2].

Месторождение Верхне-Менкече, расположено в Дыбинском рудном узле, приуроченном к северной части Дыбинской антиклинали сундучного типа, сложенной песчанисто-алевролитовыми отложениями пермского возраста, в зоне пересечения ее диагональным Имтачанским разломом.

В пределах рудного узла широко проявлены интрузивные и субвулканические комплексы ранне- и позднемелового возраста —штоки гранитоидов и дайки основного и кислого состава. Наблюдается контактовый метаморфизм как в экзоконтактах даек в виде узких (первые метры) ореолов закалки, так и относительно крупных полей роговиков и ороговикованных пород: Дыбинского, Имтачанского, Лузгинского. В 8 км южнее месторождения Верхне-Менкече осадочные породы прорваны Дыбинским массивом адамелитов, площадь которого составляет около 6км².

Серебряно-полиметаллическое оруденение локализуется в трех протяженных субпараллельных зонах смятия и дробления северо-восточного простирания (50-80°) с крутым падением (70-90°), сопровождающихся более мелкими оперяющими трещинами, являющимися в совокупности составными частями зоны Имтачанского разлома [3]. В центральной части месторождения, на отрезке более 2 км рудные зоны сгруппированы в полосу шириной порядка 350 м. Каждая из зон характеризуется сложным строением, для них характерно чередование раздувов и пережимов, кулисообразно заходящих друг за друга, сопровождающихся серией параллельных или оперяющих под острым углом минерализованных нарушений более высоких порядков

Наиболее продуктивной является Рудная зона-I, являющаяся северной ветвью рудовмещающей структуры Имтачанского разлома. Она прослежена горными выработками с северо-востока на юго-запад на расстояние более 2,2 км. Рудная зона-I на флангах соединяется с Рудной зоной-II в единую структуру, прослеживающуюся в северо-восточном направлении. Зона-I имеет сложное строение, сопровождается кулисообразными ответвлениями и оперениями. Главный шов рудной зоны вмещает самые крупные рудные тела, которые имеют ответвления, а также многочисленные апофизы и сателлиты. Разломы, вмещающие рудные тела на северо-восточном фланге зоны – I образуют сложную структуру типа дуплекс. На флангах рудной зоны дуплекс представлен единой зоной дробления, а к центру разломы разветвляются. Ширина дуплекса на поверхности достигает 70 – 80 м, а по

падению постепенно сужается за счет сочленения составляющих разломов. На поверхности протяженность дуплекса составляет около 400 м, а с глубиной его протяженность сокращается. Приблизительно к горизонтам 1100 — 1050 м дуплекс «выклинивается», превращаясь в единую зону дробления. На флангах рудовмещающие структуры сочленяются и образуют единую субвертикальную зону дробления. На расстоянии 30 — 180 м субпараллельно зоне-I развиваются мелкие линзы с рудной минерализацией. Также выявлены рудные тела, расположенные на юго-западном фланге зоны – I, они прослежены на протяжении более 1000 м. По морфологии они представляют собой зоны дробления юго-восточного простирания, характеризующиеся сложным строением, обусловленным чередованием участков бедного оруднения с линзами и столбами богатых руд. Мощность рудных тел в среднем 2-3 м, на отдельных участках достигает 6 м.

Рудная зона-II является центральной и самой протяженной (около 3,5 км) рудовмещающей структурой месторождения. В её центральной части отмечаются дайки плагиопорфиров и лампрофиров, а на восточном фланге – диоритовых порфиров. Здесь выделено три рудных тела. Два первых расположены в центральной части зоны-II, они представлены разобщенными маломощными линзовидными жилами, и участками слабо оруденелых пород. Общая мощность рудных тел достигает 25 метров. Третье рудное тело расположено восточнее первых двух на расстоянии около 600 м и представлено жилой, выполненной массивным пирротином с убогой галенит-сфалеритовой минерализацией.

Рудная зона-III -представляет южную ветвь Имтачанского разлома. Она прослежена с поверхности горными выработками на протяжении свыше 1800 м и сопровождается двумя оперяющими разломами субширотного простирания. Рудная зона трассируется дайками диоритовых порфиров и плагиогранитов, и представляет собой серию сложно построенных жил различной мощности с заполнением межжильного пространства сложноветвящимися рудными прожилками и вкраплениями. Мощность рудных тел колеблется от 0,2 до 10 м, а на отдельных участках достигает 30 м. На всем протяжении рудная зона характеризуется чередованием богатых интервалов, связанных с галенит-сфалеритовыми жилами, с интервалами более бедных прожилково-вкрапленных руд.

По минеральному составу руды являются серебро-галенит-сфалеритовыми. В рудах отмечается примерно равное соотношение маложелезистого сфалерита светло-бурого цвета и высоко серебристого галенита. В резко подчиненном количестве встречаются пирит и арсениопирит, а также халькопирит, пирротин, блеклые руды, буланжерит, бурнонит, полибазит, пираргирит, прустит. Жильные минералы представлены различными карбонатами и кварцем. В качестве примесей присутствуют кадмий, сурьма, индий, галлий и висмут. Содержание основных полезных компонентов в рудах варьирует: серебро (50,07 г/т – 4551,00 г/т, свинец 0,24% - 48,12%, цинк 0,43% - 20,03%.

Таким образом главным рудконтролирующим фактором локализации серебряно-полиметаллического месторождения Верхне-Менкече является сочетание зоны сочленения тектонической структуры Имтачанского разлома и интрузивных и субвулканических комплексов ранне- и позднемелового возраста.

Литература

1. Константинов М.М., Костин А.В и Сидоров А.А. Геология месторождений серебра. Якутск, 2003.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:20000. Серия Юдомская. Объяснительная записка. МПР РФ. Восточно-Якутское ГУГГП. Санкт-Петербург. 2000.
3. Коунев А.Е., Ефимов В.В. «Проект на проведение разведочных работ на месторождении Верхне-Менкече». Хандыга, 2014 г.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЯВЛЕНИЯ МИНЕРАЛОГИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЖЕЛЕЗОКРЕМНИСТЫХ ПОРОДАХ КМА

Хамидова А.Б., Оникиенко Л.Д.

kham.iset@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Наиболее крупные месторождения золота, связанные с железокремнистыми формациями, находятся в Австралии (Хилл-50, Уэстрелия, Копперхед), Канаде (Сентрал-Патрисия, Пикл-Кроу), Бразилия (Морро-Вельо, Рапозос) и Танзании (Гейта).

В железистых кварцитах, локализованных в зеленокаменных поясах Австралии установлена специфическая разновидность золотого оруденения, приуроченная к отдельным горизонтам слоистой толщи. Примером служит рудное поле Норсмен, где сульфидная и золотая минерализация обнаруживает строгую приуроченность к стратиграфически выдержанным прослоям железокремнистых пород.

Кроме эксгальационно-осадочного стратиформного типа золотого оруденения, в зеленокаменных поясах докембрия с железистыми кварцитами связан и жильно-прожилковый тип руд, приуроченный к зонам дробления, смятия, гидротермально-метасоматического изменения пород. К числу таких месторождений можно отнести Рапозос и Моро-Вельо (Бразилия). Месторождения эксгальационно-осадочного и жильно-прожилкового типа, приуроченные к железистым кварцитам (золото-джеспелитовая формация) достигают запасов в десятки тонн. Содержания золота составляют 5-20 г/т, достигая на некоторых рудниках 150-200 г/т.

С архейскими железокремнистыми формациями, приуроченными к зеленокаменному поясу Гванда, связан стратиформный эксгальационно-осадочный тип золотого оруденения, примером которого служит месторождение Вубачикве (Зимбабве). Содержание золота в нем колеблется от 0,8 г/т до 124 г/т, содержание серебра составляет в среднем 7,6 г/т.

Таким образом мы видим, что пространственная и генетическая связь золоторудного проявления и месторождений с железокремнистыми формациями докембрия установлена в различных рудных районах мира. В России такие месторождения и рудопроявления сосредоточены на территории КМА.

Например, Воронежское кристаллическое поднятие. В своей северной части оно представлено огромным Михайловско - Белгородским поднятием. В пределах этого месторождения проведены большие работы Михайловским горно-обогатительным комбинатом по изучению присутствия в Михайловском районе участков с повышенной золотоносностью [1]. Золото в связи с формациями железистых кварцитов проявляется как в виде постоянной примеси, так и в виде самостоятельных месторождений. Проблема золотоносности железистых кварцитов КМА в целом и Михайловского железорудного узла в частности актуальна еще и потому, что в данном случае рассматриваются не позднерейские зеленокаменные пояса, а раннепротерозойские наложенные структуры с менее определенными перспективами выявления-золотого оруденения.

Также, исследованиями последних лет, выполненными ГПП "Белгородгеология" на Панковском, Коробковском, Стойленском и Лебединском железорудных месторождениях, расположенных на южном замыкании Тим-Ястребовской грабен-синклинали, установлена важная роль поперечных складчато-разрывных нарушений для локализации золота в железистых кварцитах курской серии [2].

На Панковском месторождении скважинами вскрыт секущий железистые кварциты разлом северо-восточного простирания, прослеживающийся на расстоянии 2,5 км. Вкрест простирания тектонической зоны отмечается дробление силикатно-магнетитовых кварцитов, плейчатость, прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация с золотом, на мощность

100-250 м, далее на 150-200 м прослеживаются неравномерно дробленные, терциноватые железистые кварциты, окисленные на значительную глубину (ниже горизонта -400м). Сульфидная минерализация с золотом является наложенной. Золото определено в монофракциях пирита (0,2-1,55 г/т). Золото в магнетите и в силикатной массе установлено Криворожским горно-рудным институтом в процессе изучения магнетита железорудных формаций докембрия КМА (1990г.). Размеры золотинок 0,003-0,006 мм. Отмечается увеличение суммарной мощности золоторудных линз (от 11 до 50 м) и содержания золота по восстанию рудной зоны от 0,3 до 0,4-0,6 г/т. В единичных пробах его содержание составляет 2-10 г/т. Золото установлено как в железистых кварцитах с пиритовой минерализацией, так и в окисленных разностях, характеризующихся кавернозностью, более высокой пористостью, обусловленных выщелачиванием сульфидов.

Коробковское месторождение расположено к юго-востоку от Панковского, имеет сходное с ним геологическое строение. Продуктивная коробковская свита приурочена здесь к одноименной синклинали структуре, осложненной крутопадающей антиклинальной складкой и тектонической зоной северо-западного простирания, секущей железистые кварциты. Указанная зона проявлена рассланцеванием, дроблением, пиритизацией, карбонатизацией в железистых кварцитах коробковской свиты, повышенной трещиноватостью кварцитопесчаников стойленской свиты. Среднее содержание золота 0,2-0,4 г/т. Отмечаются линзы мощностью до 10-15 м с его содержанием до 1,2 г/т и маломощные (0,5-1 м) зоны с содержанием 1-4 г/т.

На Лебединском железорудном месторождении проявления дисперсного золота ранее отмечались во вмещающих породах, вскрытых дренажными подземными выработками в районе Западно-Лебединского разлома. На Стойло-Лебединском участке золотое оруденение локализуется в железистых кварцитах нижней железорудной подсвиты коробковской свиты, слагающих свод антиклинали высокого порядка, ограниченной на крыльях тектоническими нарушениями. Оруденение выявлено в зонах брекчирования и трещиноватости интенсивно пиритизированных железистых кварцитов, а так же в экзоконтактах даек диоритовых порфиритов.

Приведенные данные по участкам свидетельствуют о потенциальной золотоносности продуктов обогащения железистых кварцитов, а также перспективе извлечения из них золота на действующих ГОКах Лебединском, Стойленском, а также на комбинате "КАМруда" при отработке золоторудных участков. Но так как выполнено недостаточное количество геологических работ на данных участках, не решен главный вопрос металлогении – связь золотого оруденения с данным массивом. Также не может быть дана оценка перспектив выявления золотого оруденения промышленных масштабов.

Список использованной литературы:

1. Попкова Н.В., Плющев Е.В., Кашин С.В., Золотоносность гидротермально-метасоматических образований Михайловского рудного узла (КМА) // Региональная геология и металлогения, 2003, №18, с.95-98.
2. Двойнин В.В., Дунай Е.И., Воевода И.И., Золотоносность железистых кварцитов Курской серии КМА, 1993, №9, с.12-14.

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ И ДОБЫЧИ ЗОЛОТА В МОНГОЛИИ

Мунхцэнгэл Цэнджав
Munkhgeolog@yahoo.com

Министерство горнорудной отрасли и тяжелой промышленности, Улаан Баатар,
Монголия

В настоящее время на территории Монголии выделено семь металлогенических провинций: Монгольский Алтай, Озерная, Северной Монголии, Центральной Монголии, Хангай-Хэнтэйский, Восточно-Монгольская и Южно-Монгольская. В них известно 25 золоторудных металлогенических зон, включающих 70 золотосодержащих районов и узлов. По последним данным

Управления по делам полезных ископаемых и нефтяных продуктов Монголии зарегистрировано более 500 коренных и россыпных месторождений золота и более 1000 его проявлений.

Рудное золото в Монголии проявлено на всех этапах геологического развития от докембрия до позднего мезозоя. Россыпи золота известны во всех провинциях нашей страны. Они связаны с проявлениями коренного оруденения и имеют специфические особенности образования осадочных отложений.

В образовании россыпного золота Монголии основную роль сыграли объекты золота-кварцевой, золото-кварц-сульфидной, золото-скарновой и золото-серебряной рудных формаций, а также промежуточные источники в виде золотосодержащих конгломератов различного возраста. Золотосодержащие конгломераты отмечаются в отложениях карбона, верхней перми, верхней юры и мела.

В документах государственной политики по минерально-сырьевой отрасли, которые утвержденным парламентом Великого Хурала Монголия в рамках реализации мероприятий принята национальная программа “Золото-2” [1]. Отмечено, что необходимо первоначально развивать геологические исследования в перспективных участках, эффективно готовить запасы месторождений полезных ископаемых, непрерывно увеличивать объемы запасов и добычи золота. Это требование повседневно возрастает.

В рамках этой программы в этом году впервые начали проводить тематическое исследование перспектив золотосодержащих в Центральной и восточной частях Монголии. При этом начались поиски погребенных россыпей золота.

История добычи золота Монголии начинается со времени создания общества “Монголор” с 1901 года на сырьевой базе россыпного месторождения Толгойт. В 1901-1919 гг. обществу “Монголор” добыто 9346,4 кг золота [2]. После прекращения деятельности общества добыча золота была продолжена, китайскими старателями, число которых по архивным данным достигло нескольких тысяч человек. В это время открытым способом обрабатывался верхний золотосодержащий пласт, залегающий на глубине 3-4 м. Шахтой осваивался нижний пласт, залегающий на глубине 9-10 м. Следы интенсивной разработки расположены в бассейне рек Толгойт и Туул.

С 1974 года началась деятельность прииска “Толгойт” Монголо-Российским объединением “Монголросцветмет”. С 1984 года действовал Монголо-Болгарский прииск “Довонт”. В то время до начала программы “Золотл” добывали по 600 кг золота в год.

К началу 1990-х годов в ряде районов Монголии силами различных совместных иностранных и монгольских геологических экспедиций был выявлен ряд достаточно крупных месторождений россыпного и коренного золота, освоение которых по ряду

объективных причин, связанных прежде всего, с недостатком бюджетных средств, до сегодняшнего дня, не представлялось возможным.

После реализации первой программы “Золото” с 1992 года добыча золота достигла 10 т.

В современной истории Монголии ежегодно добывается золота в пределах более 10-20 тонн. На территории Монголии россыпное золото распространено широко. По результатам геолого-разведочных работ выявлено и подсчитано запасы месторождений в 16 аймаках. В настоящее время основная часть их отработана.

Основную часть золотодобычи ведут более 100 компании в Центральном и Сэлэнгуйском аймаках, в меньшей мере добывается в Оворхангай, Булгане, Баянхонгоре и других 6 аймаках.

Совершенствование технологии золотодобычи постоянно находится в сфере интересов компаний. Одна из интереснейших задач, решением которой занимаются золотодобытчики во всем мире - проблема извлечения, так называемого мелкого и тонкого золота. Дело в том, что частицы золота размером менее 0.25 мм методами традиционного обогащения россыпей и раздробленного руды не улавливаются и сносятся при доводочных операциях.

Количество такого золота в различных по своему происхождению россыпях и измельченной руды оцениваются исследованиями в объеме от 10 до 30% к от суммарно подсчитанных запасов. При наличии методов, позволяющих эффективно извлекать такое золото, можно было бы говорить о значительном приросте добычи и промышленных запасов драгоценного металла.

В последние годы за счет увеличения золотодобычи сдача золота в Монголбанке появляется неверная тенденции, что у старателей не ведется документация движению запасов на каждом месторождении. Это осложняет реальную оценку эксплуатационных запасов разведанных месторождений.

На основании вышеизложенного необходимо начинать научно обоснованное базовое исследование по сравнительному анализу разведанных утвержденных запасов и данных по эксплуатации месторождений. С этой целью планируется детально вести движение запасов эксплуатируемых месторождении и дать оценку подтверждаемости запасов.

В настоящее время в связи с устойчивой добычей золота Монголии и уменьшением запасов россыпных месторождении ставится задача первоочередного освоения рудных месторождения золота.

Литература

1. Монгольская национальная программа “Золото-2”
2. Т.Семейхан. “Месторождения россыпного золота Монголия”. Улаанбаатар. 2005.

ПАРАМЕТРЫ СИНРУДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЗВИТИИ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Васильев Н.Ю.*, Мострюков А.О.**, Петров В.А.**

*geostress@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, **most57@mail.ru, vap borok @ mail.ru
Геофизическая Обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, п. Борок, Россия

Реконструированы тектонические поля напряжений и деформаций на четырнадцать объектов, относящихся к разным генетическим группам эндогенных месторождений. Работа проведена по методике кинематического анализа сколовых смещений, разработанной в [1-3]. Использована исходная информация двух типов: *геологическая* – об ориентировке и кинематике тектонических подвижек на плоскостях трещин и разрывов в структуре объекта (возраст подвижек не древнее вмещающих горных пород) и *сейсмологическая* – о механизмах очагов землетрясений, ближайших к объекту исследования.

Исходя из ограничений, обоснованных в работе [3], геологические данные каждого объекта были сепарированы на совокупности тектонических подвижек, соответствующих единому, устойчивому в 3^x -мерном пространстве каждого объекта, тензору напряжений и деформаций. По этим совокупностям рассчитаны значения параметров искомых полей.

Результаты расчётов, выполненных на примере золоторудного объекта «Пиль» (Оймьяконский район) даны в таблице 1. На объекте выделено шесть фаз (F→A) *направленного* изменения условий его деформации во времени. Из сравнения «соседних» фаз (F\E, E\D...) видно, что эти изменения вызваны инверсионной сменой механизмов тектонического нагружения объекта. Признаки инверсии: 1)наследованное сохранение ориентации одной из осей главных напряжений (σ_1 или σ_3) от предыдущей фазы и 2)смена ориентации другой оси на ориентацию промежуточной (σ_2) оси предыдущей фазы [4].

Взбросовая фаза «В» (табл.) характеризуется условиями активного близвертикального растяжения σ_1 (коэффициент Лодэ-Надаи $\mu_e < 0$, *приращение вертикальной компоненты деформации $\Delta Z > 0.1$*). В этих условиях происходят положительная дилатансия (объёмное деформационное разуплотнение [5]) и декомпрессия горных пород, образование рудных «ловушек»: локализация золотоносных жил хорошо согласуется с позицией зон дилатансии в структуре объекта. Единство позиций зон рудогенеза и зон положительной ($\mu_e < 0, \Delta Z > 0.1$) дилатансии на объектах, – признак достоверности выполненных реконструкций и их значимости для прогноза и поисков.

Табл.1. Параметры процессов деформации в развитии Au-рудного месторождения Пиль

Фазы деформации	Механизм нагружения	Ориентация осей главных напряжений			μ_e	ΔZ
		σ_1 (растяж.)	σ_2 (промежут.)	σ_3 (сжатия)		
A (сейсм.)	Взбросовый	213° ∠ 60°	354° ∠ 24°	92° ∠ 16°	+0.09	+0.09
A(новейшая)	Взбросовый	214° ∠ 66°	7° ∠ 22°	101° ∠ 10°	+0.09	+0.11
B	Взбросовый	208° ∠ 73°	95° ∠ 7°	3° ∠ 15°	-0.05	+0.13
C	Сдвиговый	97° ∠ 4°	209° ∠ 79°	7° ∠ 10°	+0.12	+0.02
D	Сбросовый	100° ∠ 11°	7° ∠ 16°	223° ∠ 70°	-0.23	-0.09
E	Сбросовый	347° ∠ 15°	82° ∠ 20°	222° ∠ 65°	-0.20	+0.01
F (древняя)	Сдвиговый	360° ∠ 27°	223° ∠ 55°	101° ∠ 20°	+0.14	-0.08

Ниже в таблице 2. приведены результаты реконструкции фаз дилатансии для других тринадцати месторождений, расположенных в различных регионах бывшего СССР. Отметим, что в развитии некоторых из них, таких как Кимперсай, Инагли, Такоб и Гурбей, было установлено две фазы дилатансии, а на Канчоче, – три фазы дилатансии.

Табл.2. Фазы дилатансии в развитии эндогенных месторождений (параметры $\sigma_1, \sigma_3, -\mu_e, +\Delta Z$)

Объекты	Тип сырья	регионы, ориентация напряжений			μ_e	ΔZ
		Регион	σ_1	σ_3		
Актотракское	асбест	Зап.Саян	108°∠65°	226°∠12°	-0.11	+0.16
Гурбейское	Au	Вост.Саян	277°∠90°	187°∠0°	-0.06	+0.14
Гурбейское	Au	Вост.Саян	348°∠86°	94°∠1°	-0.57	+0.16
Джетыгара	асбест	Южн.Урал	325°∠75°	196°∠10°	-0.06	+0.13
Инаглинское	слюда	Алдан.нагорье.	147°∠85°	305°∠5°	-0.22	+0.16
Инаглинское	слюда	Алдан.нагорье	140°∠80°	33°∠3°	-0.33	+0.16
Каральвеем	Au	Ср.-Анойск.хр	174°∠79°	354°∠11°	-0.22	+0.12
Канчочское	Au	Зерафшан хр	19°∠70°	190°∠20°	-0.16	+0.12
Канчочское	Au	Зерафшан хр	73°∠75°	175°∠3°	-0.01	+0.15
Канчочское	Au	Зерафшан хр	324°∠73°	88°∠10°	-0.06	+0.14
Кимперсайское	Сг	Мугуджары	265°∠75°	70°∠14°	-0.33	+0.16
Кимперсайское	Сг	Мугуджары	269°∠70°	157°∠8°	-0.25	+0.16
Мальшевское	Ве	Средн.Урал	167°∠55°	264°∠5°	-0.14	+0.05
Молодёжное	асбест	Забайкалье	243°∠50°	83°∠38°	-0.36	+0.03
Никитовское	Hg	Донецк.кряж.	335°∠83°	245°∠0°	-0.21	+0.15
Онотское	тальк	Вост.Саян	186°∠68°	340°∠0°	-0.05	+0.09
Рай-Изское	Сг	Поляр.Урал	12°∠65°	226°∠21°	-0.22	+0.15
Такобское	F	Гиссар.хребет	103°∠76°	353°∠5°	-0.11	+0.13
Такобское	F	Гиссар.хребет	31°∠74°	250°∠12°	-0.01	+0.13
Тырныаузское	W, Mo	Бол.Кавказ	84°∠90°	101°∠0°	-0.05	+0.14

На основе результатов работы сделан вывод о, вероятно, ведущем значении явлений дилатансии земной коры в процессах эндогенного рудообразования. По-видимому, объёмным разуплотнением земной коры [5] могли контролироваться и потоки *направленного движения* полигенных рудоносных флюидов, и *экспоненциальное увеличение поверхности контакта* флюидов с твердофазной частью среды рудообразования.

Литература

- 1.Гушенко О.И. Анализ ориентировок сколовых перемещений и их тектонофизическая интерпретация при реконструкции палеонапряжений //ДАН СССР, сер. геофиз.,1973, Т.210, №2. С.331-334
- 2.Гушенко О.И., Сим Л.А.Обоснование метода реконструкций напряженного состояния земной коры по ориентировкам сдвиговых тектонических перемещений (по геологическим и сейсмологическим данным). В сб. Механика литосферы, Тезисы докл. Всесоюз. научн.- техн. совещания 23-25 окт.1974, Ленинград: М., НТО горное, 1974, С.5-8 .
- 3.Гушенко О.И.Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений. В кн.: Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.,Наука,1979, С. 7-25.
- 4.Васильев Н.Ю., Мострюков А.О.Закономерности развития циклов деформации в процессах тектогенеза // Материалы XXXIV Тектонического совещания «Тектоника неоген: общие и региональные аспекты», М.: ГЕОС, 2001,в 2 т., Т.1, С. 90-93.
- 5.Васильев Н.Ю., Мострюков А.О.Особенности рудолокализирующих условий деформации геологической среды в характеристиках тектонических полей напряжений.//Материалы XL Тектонического совещания «Фундаментальные проблемы геотектоники», М.: ГЕОС, 2007, Т.1, С.126-130

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ПРОГРАММ «SIGMA 3D» ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗА КОРЕННОЙ АЛМАЗОНОСТИ

Иванова Е. А.

ivanova.ekaterinaanat@gmail.com, ФГУП ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России,
г. Москва, Россия

Юго-Восточная часть Кольского полуострова (особенно его юго-восточное замыкание) считается одной из перспективных на коренную алмазность территорий севера Восточно-Европейской платформы (ее Российской части). Здесь известны находки алмазов и пиропов алмазной ассоциации. В структурном плане кристаллического фундамента, в некоторых элементах тектоники, в аномальных особенностях потенциальных геофизических полей данной территории прослеживаются аналогии с расположенным юго-восточнее нее Зимнебережным алмазосным (с месторождениями им. Ломоносова и им. В. Гриба) районом. В современном структурном плане основным отличием рассматриваемой территории от Зимнебережной является ее положение в пределах Балтийского щита. В то время как Зимнебережный алмазосный район расположен в пределах Русской плиты (территории, покрытой осадочным чехлом). Однако имеющиеся данные свидетельствуют о присутствии на юго-восточном замыкании Кольского полуострова, по крайней мере, в раннем карбоне чехольных отложений.

ФГУП ЦНИГРИ на протяжении последних лет в рамках выполнения работ по Государственным контрактам проводило прогнозно-минерагеническое районирование севера Восточно-Европейской платформы, в том числе и юго-восточной части Кольского полуострова, с выделением площадей, перспективных на обнаружение коренных месторождений алмазов разных рангов. При этом для юго-восточной части Кольского полуострова основной акцент был сделан на локализации алмазоперспективных площадей ранга поля и куста тел.

В процессе локализации перспективных площадей ранга потенциально алмазосных поля и куста тел наряду с другими исследованиями проводилось и изучение особенностей глубинного строения рассматриваемой территории. Целью этих работ являлось выделение глубинных геофизических факторов (предпосылок), которые, согласно модельным представлениям, могут являться индикаторами минерагенических таксонов этих рангов.

Моделирование глубинного строения земной коры по гравиметрическим и магнитометрическим данным проводилось с применением одних и тех же приемов для территорий юго-восточного замыкания Кольского полуострова и эталонной – Зимнего Берега Белого моря (Зимнебережной площади). При этом были использованы пакеты компьютерных программ - Geosoft Oasis montaj и оригинального Sigma 3D, разработанного специалистами ЗАО ГНПП «Аэрогеофизика». Из пакета программ Sigma 3D использовались отдельные модули: технология модуля REIST [1,2] предназначена для построения модели субгоризонтального слоя с латерально изменяющимися намагниченностью и плотностью; модуль CLASS 2 [1] – для структурно-вещественного картирования пород по комплексу двух признаков (эффективной намагниченности и плотности); модуль DVOP [2] применяется для изучения глубинного распределения эффективных свойств (эффективных плотности и намагниченности).

Моделирование глубинного строения земной коры эталонной Зимнебережной площади выполнялось для слоя земной коры мощностью 25 км с учетом существующих представлений о глубинах залегания поверхности кристаллического фундамента. Результаты выполненного моделирования отражают распределение эффективных намагниченности и плотности горных пород в верхних горизонтах земной коры данного района. Анализ полученных материалов позволяет говорить о латеральной неоднородности земной коры (ее верхних горизонтов) Зимнебережной площади. Здесь выделяется ряд глубинных неоднородностей разных порядков, характеризующихся различными сочетаниями

(петрофизическими классами) рассматриваемых петрофизических параметров. Отмечается, что различные по своей представительности группы тел (поля и кусты) кимберлитов, родственных им пород и толентовых базальтов Зимнего Берега пространственно ассоциируют с физико-геологическими неоднородностями, характеризующимися в целом сочетанием относительно повышенных (по отношению к окружающим) значений эффективных плотности и намагниченности. Ранее [3,4] было сделано предположение, что природа данных неоднородностей может быть связана с погребенными ареалами базит-гипербазитового магматизма — «дериватами» многофазной флюидно-магматической колонны кимберлиитообразующей системы Зимнебережного кимберлитового района. Большинство (порядка 75%) из кимберлитовых и родственных им тел Зимнего Берега группируются в пределах и по периферии контуров этих магматических ареалов.

Моделирование глубинного строения юго-восточной части Кольского полуострова проводилось для верхнего 25-ти километрового слоя земной коры. Верхняя граница моделируемого слоя выбиралась исходя из представлений о максимальной мощности четвертичных отложений в данном регионе. Полученные материалы позволяют говорить о латеральной неоднородности верхней части земной коры в пределах юго-восточного замыкания Кольского полуострова. Здесь выделяются пять блоков первого порядка, характеризующихся различными сочетаниями эффективных плотности и намагниченности. С юга на север отмечается тенденция уменьшения плотности коровых образований с некоторым увеличением их намагниченности. При этом обращают на себя внимание две обособленные области с несколько аномальными (по отношению к окружающей среде) петрофизическими параметрами. Верхнекоровые образования рассмотренных областей (как и в районе проявлений кимберлитового магматизма Зимнего Берега) характеризуются, в целом, сочетанием относительно повышенных значений эффективных намагниченности и плотности. На Зимнебережной площади к таким неоднородностям приурочены группы кимберлитовых тел, в том числе и включающие месторождения им. Ломоносова и им. В. Гриба.

Таким образом, исходя из выше изложенного, можно сделать следующие выводы:

- моделирование глубинного строения земной коры по гравиметрическим и магнитометрическим данным с помощью пакетов программ «Sigma 3D» и Oasis montaj (Geosoft) может являться еще одним приемом, используемым при прогнозировании коренных месторождений алмазов - для выделения глубинных геофизических предпосылок индикаторов алмазоперспективных площадей ранга поля и кустов тел;

- в пределах юго-восточного замыкания Кольского полуострова по результатам выполненного моделирования глубинного строения земной коры с использованием пакетов программ «Sigma 3D» и Oasis montaj (Geosoft) выделены две локализованные области, перспективные (по аналогии с Зимнебережным алмазоносным районом) для проявлений кимберлитового, в том числе и алмазоносного, магматизма.

Литература:

1. Бабаянц П. С., Тарарухина Н. М. Особенности технологии интерпретации комплексных аэрогеофизических данных в условиях развития пород траппового комплекса. Разведка и охрана недр. 2011. № 7. С. 23-30.
2. Калмыков Б.А., Трусов А.А. Технология выделения перспективных малоамплитудных аэромагнитных аномалий при поисках кимберлитовых тел. Разведка и охрана недр. 2011. № 7. С. 49-56.
3. Прусакова Н. А. Глубинная структура Зимнебережного кимберлитового поля, Архангельская область. Руды и металлы. 2006. № 2. С. 53-63.
4. Прусакова Н. А. Принципы выделения участков ранга «куста» кимберлитовых тел в Зимнебережном поле на основе структурно-геофизического районирования. Региональная геология и металлогения. 2005. № 26. С. 179-184.

**ФЛЮИДОВЗРЫВНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ
КИМБЕРЛИТЫ МАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОЗЕРНОГО
РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АЛМАЗОВ НАКЫНСКОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ**
Игнатов П.А.¹, Новиков К.В.¹, Зарипов Н.Р.¹, Ходня М.С.¹, Килижеков
О.К.²

¹Российский Государственный Геологоразведочный университет, г. Москва, Россия
petrignatov@gmail.com

²Вилуйская геологоразведочная экспедиция АК АЛРОСА (ПАО)
kilizhekovOK@alrosa.ru

Накынское алмазоносное кимберлитовое поле относится к закрытым для поисков районам. Девон-нижнекаменноугольные кимберлиты прорывают породы нижнепалеозойского осадочного чехла и перекрыты триас-юрскими отложениями. Распространены силлы и дайки докимберлитовых траппов и посткимберлитовые интрузии и эруптивные тела щелочных базальтоидов [1, 4, 5]. Помимо алмазных месторождений кимберлитовых трубок Ботубинская и Нюрбинская, здесь имеются Майское месторождение и Озерное рудопроявление, где алмазоносными являются дайково-жилльные тела кимберлитов [5].

В Накынском поле обнаружены флюидовзрывные брекчии и прожилки карбонатного состава [2]. Сравнимые участки Майского месторождения и Озерного рудопроявления охватывают примерно равные площади в 1,4 км²

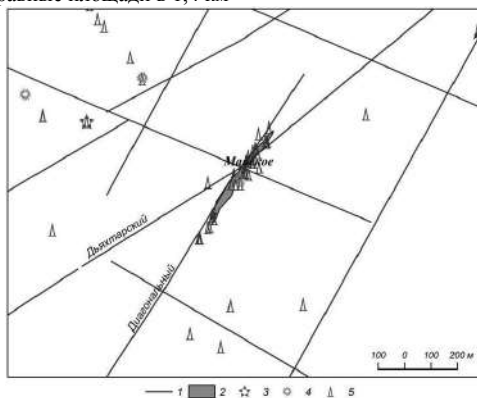


Рис. 1. Проявления эруптивных брекчий базитов и флюидовзрывных карбонатных брекчий и прожилков на участке Майского месторождения алмазов.

1 – тектонические нарушения, 2 – кимберлитовое тело Майское, 3 – explosive карбонатные брекчии, 4 – эруптивные брекчии базитов, 5 – флюидзитовые прожилки.

Изученность на участках также относительно одинаковая. Сеть бурения от 200x200м до 40x40м и крупнее, включая наклонные скважины, вскрывшие кимберлиты. На обоих участках по признакам нарушений в керне закартированы рудовмещающие разломы [3]. Проявления взрывных образований изучены по единой авторской методике с созданием базы данных и построениями в геоинформационной среде.

Сравнимые участки имеют близкие черты строения: кимберлитовые тела приурочены к участкам пересечения Диагонального разлома с нарушениями других направлений; они локализованы в зоне окончания двух сдвиговых швов зоны Диагонального разлома; на обоих участках вскрыты эруптивные брекчии базитов.

Отличия участков заключены в следующем: Майское месторождение удалено от даек и силлов траппов, кимберлиты Озерного участка приближены к ним; есть предположение, что здесь силл габбро экранировал поступление кимберлитовой магмы; эруптивные брекчии

базитов больше распространены на участке Майского месторождения, где вскрыты непосредственно на контакте с кимберлитами и на удалении от них до 900 м; на участке Озерного рудопроявления они вскрыты в одном случае 300 м от кимберлитов; карбонатные флюидовзрывные брекчи и прожилки, напротив, более широко распространены на участке Озерного рудопроявления по сравнению с Майским объектом.

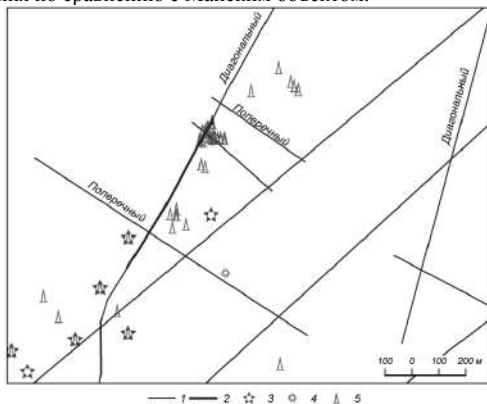


Рис. 2. Проявления эруптивных брекчий базитов и флюидовзрывных карбонатных брекчий и прожилков на участке Озерного рудопроявления алмазов.

1 – тектонические нарушения, 2 – кимберлитовая маломощная жила Озерного рудопроявления, 3 – взрывные карбонатные брекчи, 4 – эруптивные брекчи базитов, 5 – флюидизитовые прожилки.

Установленные характеристики, вероятно, отражают конфокальность, интенсивность и вертикальную зональность разновозрастных взрывных образований. Наиболее глубокие кимберлиты, сменялись менее глубинными эруптивными брекчиями базитов, а на флангах и верхних горизонтах распространялись карбонатные флюидовзрывные образования.

Литература

- Игнатов П.А., Бушков К.Ю., Новиков К.В., Толстов А.В. Ареал брекчий щелочных базитов Накынского кимберлитового поля. Известия вузов. Геология и разведка. 2010. № 2. С. 31-35.
- Игнатов П.А., Новиков К.В., Зарипов Н.Р., Ходня М.С., Шмонов А.М., Разумов А.Н., Килижеков О.К., Ковальчук О.Е. Кряжев С.Г. Комплекс нетрадиционных поисковых признаков коренных месторождений алмазов, используемый на закрытых территориях Смирновский сборник-2017. Проблемы минерагении, экономической геологии и минеральных ресурсов. М. Фонд им. академика В.И.Смирнова. МАКС Пресс. 2017. С. 207-228.
- Игнатов П.А., Шмонов А.М., Новиков К.В., Кряжев С.Г., Ковальчук О.Е., Разумов А.Н. Сравнительный анализ рудовмещающих структур Майского, Мархинского и Озерного кимберлитовых тел Накынского поля Якутии. // Геология рудных месторождений. 2015. Том 57, № 2. С. 125-131
- Киселев А.И., Ярмолюк В.В., Егоров К.Н. Калиевые базальты и пикробазальты из девонских кимберлитовых полей Западной Якутии России и их связь с кимберлитовым магматизмом. Геология рудных месторождений. 2009. Том 51, № 1, с. 38-57.
- Костровицкий С.И., Специус З.В., Яковлев Д.А., Фон-дер-Флаас Г.С., Суворова Л.Ф., Богуш И.Н. Атлас коренных месторождений алмазов Якутской кимберлитовой провинции. Отв. редактор ак. Н.П. Похиленко. НИГР АК «АЛРОСА» (ПАО). Мирный: ООО «МГТ». 2015. 480 с.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КИТАЙСКИХ ИОННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД И ВОЗМОЖНОСТЬ НАХОЖДЕНИЯ ПОДОБНЫХ РУД НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Бугриева Е.П., Тарханов А.В.

otdel-a@vniit.ru, АО «ВНИИХТ», Москва, Россия

Ионные руды или, как их называют в Китае, «руды с легко вскрываемыми РЗЭ» (ores with exchangeable REE), или легко обрабатываемые месторождения РЗЭ (easily worked deposits of REE), имеют три особенности, определяющие низкую себестоимость производства:

- Близповерхностное залегание пластовых рудных залежей в глинистых нелигифицированных породах, позволяющее обрабатывать месторождения мелкими карьерами без применения буровзрывных работ;
- Высокое содержание иттрия, средних и тяжелых лантаноидов в ряде месторождений, дающее возможность получить концентраты РЗЭ, аналогичные коммерческим иттриевым концентратам, без дорогостоящих процессов разделения;
- Благоприятные технологические свойства руд, позволяющие извлекать РЗЭ в атмосферных условиях без применения дорогостоящих реагентов и аппаратуры.

Для создания в России минерально-сырьевой иттриво-редкоземельной базы главной задачей являются поиски на территории страны руд, аналогичных ионным рудам Китая. Их геологическая позиция не является уникальной, и имеются геологические предпосылки выявления таких руд в Российской Федерации.

Поисковые критерии и признаки месторождений ионных руд:

1. Месторождения располагаются в областях ТМА, выраженной во внедрении многофазных гранитных интрузий, в том числе лейкократовых апогранитов, с тектоно-метасоматическими зонами, несущими редкометалльную и редкоземельную минерализацию. Материнские породы с кларковыми содержаниями РЗЭ бесперспективны.
2. Платформенный режим с малоамплитудными колебательными тектоническими движениями, способствующий формированию и сохранению коры выветривания. Рельеф местности слабо денудированный с низкой холмистостью. Мощность коры выветривания максимальна на вершинах холмов и минимальна у их подножия.
3. Строение коры выветривания на месторождениях ионных руд обычное для регионов с гумидным тропическим климатом. На поверхности до глубины в несколько метров формируются красные латериты, самая нижняя часть коры представлена дезинтегрированными в разной степени выветренными гранитами. Среднюю часть коры занимают преимущественно глинистые породы с реликтами породообразующих минералов (полевые шпаты, слюды) и аксессуаров (монацит, ксенотим, циркон и др.). Благоприятным для образования ионных руд является наличие в первичной редкоземельной минерализации неустойчивых при выветривании иттрийсодержащих аксессуарных минералов: синхизита, фергусонита, апатита, флюорита, черновита, и обогащенность РЗЭ породообразующих минералов.
4. Коры выветривания, вмещающие залежи ионных руд, характеризуются специфической дифференциацией РЗЭ. Общий состав ионных руд определяется составом первичной редкоземельной минерализации в материнских гранитах. Чем больше иттрия и тяжелых лантаноидов в гранитах, тем их больше в ионных рудах. Дифференциация РЗЭ выражается в предпочтительном накоплении иттрия и тяжелых лантаноидов в средней наиболее глинистой части коры выветривания, а церия в приповерхностных латеритах. С глубиной отношение легких лантаноидов к тяжелым уменьшается.
5. Главнейшей особенностью ионных руд является преобладание доли РЗЭ, находящихся в легко извлекаемой сорбционной форме. Эта доля может достигать 80 и более процентов, но не менее половины. Остальная часть РЗЭ концентрируется в реликтах

породообразующих минералов и аксессуаров. Количественное определение сорбционной формы РЗЭ является необходимой для геолого-экономической оценки месторождений. Принято, что содержание в руде легко растворимой сорбционной формы РЗЭ должно составлять не менее 0,05 % и не менее 50 % от общего содержания.

6. Рудные залежи ионных руд залегают в виде горизонтальных пластов мощностью 6-15 м в средней части коры, но в отдельных случаях охватывают всю кору выветривания. Их площадь в плане достигает нескольких квадратных километров. Значительных по мощности пропластков пустых пород внутри рудных залежей не отмечается. Среднее содержание РЗЭ в рудах 0,05-0,3 %, но наиболее типичны руды с содержанием 0,05-0,2 %.

На территории Российской Федерации имеется много регионов с аналогичной геотектонической обстановкой, которые совершенно не изучены на возможность выявления ионных руд. Значительные работы в этом направлении проведены на Южном Урале и Приморье, но ни в одном регионе они не доведены до логического конца. Выявленные редкоземельные месторождения и рудопроявления в корях выветривания не оценены с точки зрения наличия в них рудных залежей с преимущественной долей сорбционных легко вскрываемых форм РЗЭ.

В ионных рудах иттрий и лантаноиды адсорбированы на поверхности алюмосиликатных минералов и гидроксидов железа и марганца. Значительное количество РЗЭ извлекается из таких руд солевыми растворами, в которых катионы представлены H^+ , K^+ , Na^+ , NH_4^+ и другими одновалентными катионами. При добавлении в раствор щавелевой кислоты РЗЭ высаживаются в виде оксалатов. После фильтрации и прокаливании оксалаты превращаются в оксиды. Полученный концентрат содержит более 90% оксидов РЗЭ. Технология переработки ионных руд в китайских публикациях описывается только в общих чертах. Данные о конкретных используемых реагентах и технологическом регламенте не публикуются.

Список использованных источников

1. Беус А.А., Северов Э.А. и др. Албитизированные и грейзенизированные граниты (апограниты). – М. : Изв. АН СССР, 1962.
2. Быховский Л.З., Потанин С.Д. Геолого-промышленные типы редкометалльных месторождений // Минеральное сырье, серия геолого-экономическая. – 2009. - № 28.
3. Кременецкий А.А., Шадрман Ф.И., Копнева Л.А. и др. Иттриевосные коры выветривания – перспективный сырьевой источник редкоземельных металлов // Разведка и охрана недр. – 2003. - № 1. – С. 10-14.
4. Усова Т.Ю., Солодов Н.А. Формационно-парагенетические типы месторождений иттрия и иттриевых лантаноидов // Геологические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. М. : ВИЭМС, 1989. – 45 с.
5. Balashova Y.A. at all. The effects of climate and facies environment on the fractionation of rare earths during sedimentations // Geochemistry International. - 1964. – 10. – P. 951-964.
6. Bao Z., Zhao Z. Geochemistry of mineralization with exchangeable REY in the weathering crusts of granitic rocks in South China // Ore Geology Reviews. – 2008. – 33. – P. 519-535.
7. Beall G.W., Ketelbe B.H. at all. Sorption behavior of trivalent actinides and rare earths on clay minerals. In : Fried S (Ed), Radioactive Waste in Geologic Storage. American Chemical Society Symposium Series. – V. 100. – P. 201-213.
8. Braun J.J., Pageb M. at all. Cerium anomalies in lateritic profiles // GCA. – 1990. – 51. – P. 597-605.
9. Wu C.Y., Huang D.H. REE geochemistry in the weathering process of granites in Longnan County, Jiangxi Province // Acta Geological Sinica. – 1989. – 63. – P. 349-362.
10. Yang Z.M. A study on clay minerals from the REE-rich weathering crust developed in the Longnan granite in Jiangxi // Scientia Geological Sinica. – 1987. – 22. – P. 70-80.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ШУНГИТОВ СУБПЛАСТОВОГО ТИПА В ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЕ

Дейнес Ю.Е., Филиппов М.М.

deines@krc.karelia.ru Институт геологии КарНЦ РАН г. Петрозаводск, Россия

Ранее [1] авторами были изучены перспективы открытия купольных месторождений шунгитоносных пород в пределах Онежского синклиория. Согласно диапировой модели [3], купольные тела максовитов – это обособленные от вмещающих пород скопления органоминеральных комплексов, возникающие в течение нескольких стадий трансформации осадочных пород с органическим веществом: отложение осадков с относительно низким содержанием органического вещества, в которых на стадии диагенеза появляются органоминеральные комплексы; формирование складок нагнетания и дифференциация комплексов по плотности и вязкости в процессе перемещения материала питающего слоя и образование пород с высоким содержанием органического вещества. В зависимости от реологических свойств системы (слой и покрывка) развитие диапиров может приостанавливаться либо на стадии формирования куполов, штоков, либо идти до завершения, когда образуется диапировая шляпа [4]. Развитие диапировой складки в шляпу происходит в том случае, если формирующееся из купола штокообразное тело либо выйдет на поверхность, либо достигнет прочного непроницаемого слоя или горизонта с более низкой плотностью. В предельном случае возможно полное отделение шляпы от ствола и превращение в локальное субсогласное тело [3].

Перспективы открытия новых месторождений шунгитов основаны на гипотезе: во всех синклиналиях второго порядка должны быть структуры третьего порядка и антиклинальные (купольные) структуры четвертого порядка, сформированные как диапировые складки с характерными для них параметрами (амплитудой и расстоянием между центрами соседних куполов). Субпластовые тела шунгитов, формируемые над купольными структурами, например, по шестому шунгитоносному горизонту, могут быть обнаружены на участках, где уровень эрозийного среза не затрагивает восьмой горизонт.

Предварительная оценка участков, перспективных на купольные и субпластовые тела шунгитоносных пород, осуществлялась путем анализа имеющейся в архивах геолого-геофизической информации (отчеты ККГРЭ ПГО «Севзапгеология», НПО «Невскгеология», ИГ КарНЦ РАН). Выходы максовитов и шунгитов под четвертичные отложения выявлялись преимущественно методом естественных электрических потенциалов (ЕП). Идентификация горизонтов в разрезах скважин, в которых были проведены каротажные исследования, проведена с помощью геолого-геофизических маркирующих горизонтов.

В 2005 г. в районе Шуньгского месторождения (северная часть Хмельозерской синклинали Онежского синклиория) сотрудниками Института геологии КарНЦ РАН с помощью геофизических методов было определено вероятное местоположение купольной структуры, которая, предположительно, и служила в качестве источника для флюидолитов, слагающих субпластовое тело шунгитов месторождения «Шуньга».

В 2016 г. для исследований был выбран участок «Шуньга-2» [1]. В пределах участка в 2016-2017 гг. с помощью геофизических методов были выделены отрицательные аномальные зоны, которые, предположительно, связаны с шестым, седьмым и восьмым шунгитоносными горизонтами. Геологические данные прошлых лет по участкам «Шуньга-1» и «Шуньга-2», а также полученные геофизические материалы позволили зафиксировать выход под четвертичные отложения апикальной части купольной структуры, развитой по шестому горизонту в пределах участка «Цилополе». Расстояние между центром этой аномалии и центром аномальной зоны, связанной с шестым горизонтом на участке «Крестная гора», можно рассматривать в качестве ведущей длины волны системы купольных структур Хмельозерской синклинали. Это расстояние составило 1,8 км, то есть практически равно значению, известному как длина волны для Толвуинской синклинали. На участке «Цилополе» аномальную зону с северо-запада по дуге обрамляют габродолериты, что указывает на присутствие в разрезе купольного тела (структурный и геоморфологический

признаки). Данный участок можно рассматривать как потенциально благоприятный и для выявления субпластового тела шунгитов.

Исследование восточного борта Хмельозерской структуры проводилось в пределах Фоймогубских участков («Шильтя» и «Малая Шильтя»). Признаки антиклинальной структуры третьего порядка (Шильтинского вала) на участке Фоймогуба вполне отчетливо видны на карте изолиний ЕП: азимут простирания шунгитоносных пород по направлению к северо-западу постепенно меняется и в районе участка «Шильтя», предположительно, складка ныряет под перекрывающие породы. На этом основании проведена ось предполагаемой антиклинали. В пределах участка «Малая Шильтя» протяженная в направлении на северо-запад отрицательная аномалия ЕП, скорее всего, связана с шарниром антиклинальной складки третьего порядка на уровне шестого шунгитоносного горизонта. На Шильтинском валу на расстоянии от центра предполагаемой структуры четвертого порядка («Малая Шильтя») в направлении на северо-запад, равном 1,7-2,0 км, находится участок «Шильтя» с локальной аномалией ЕП. Эти данные позволяют сделать вывод о вероятном существовании на участке «Шильтя» купольной структуры, сложенной высокоуглеродистыми породами и перекрытой коренными породами седьмого и восьмого горизонтов. По данным пешеходной гамма-съемки в северной части участка «Шильтя» под четвертичные отложения, по-видимому, выходят породы восьмого шунгитоносного горизонта (гамма-репер). Следовательно, в пределах участка «Шильтя» можно прогнозировать наличие субпластового тела шунгитов.

По материалам геологической съемки ПГО «Невскгеология» с использованием буровых скважин в северо-западном замыкании Мягрозерской синклинали выявлена [2] антиклиналь третьего порядка и маркирующий горизонт (восьмой шунгитоносный горизонт), позволившие наметить область антиклинали, выходящей под четвертичные отложения на уровне шестого горизонта, и участок для геофизических измерений «Дианова гора». Центральная часть участка, судя по уровню поля ЕП, сложена габбродолеритами, либо относительно малоуглеродистыми породами седьмого горизонта. Область аномального поля на северо-западе участка можно интерпретировать как купольное тело, сложенное в центре высокоуглеродистыми породами шестого горизонта, на периферии – менее углеродистыми породами того же горизонта и затем габбродолеритами. Юго-восточная аномалия ЕП – осадочные породы, предположительно, седьмого шунгитоносного горизонта. Такая трактовка полученных данных не противоречит общему геологическому строению. Таким образом, в пределах участка «Дианова гора» имеются хорошие перспективы открытия купольных структур, сложенных максовитами. По направлению к северо-западу от основной аномалии возможно открытие еще одного купольного тела, выходящего под четвертичные отложения, степень эродированности которого по сравнению с первым объектом будет больше. Сохранность надкупольной части разреза к юго-востоку от купольного тела, позволяет прогнозировать на участке субпластовые тела шунгитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дейнес Ю.Е., Филиппов М.М. Перспективы открытия купольных залежей максовитов в пределах Хмельозерской синклинали (Карелия) // доклады XIII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле» / ред. коллегия: В.И. Лисов, В.А. Косьянов, О.С. Брюховецкий. – Т. 1. – М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. С. 268–269.
2. Петров Ю.В., Сиваков Б.Н., Булавин А.В. и др. Отчет Центрально-Карельской партии № 32 о результатах поисковых (м-ба 1:10000) и поисково-оценочных работ, проведенных в 1988–1990 гг. на Заонежской и Уницкой площадях. Л.: ПГО «Невскгеология», 1991. 687 с. ТФГИ РК. Инв. № 2539.
3. Филиппов М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск, 2002. 280 с.
4. Podladchikov Yu., Talbot C., Poliakov A.N.B. Numerical models of complex diapirs // Tectonophysics. 1993. V. 228. № 3/4. P. 189–198.

РУДОКОНТРОЛИРУЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ГРАНОДИРИТ-ГРАНИТОВОЙ ИНТРУЗИИ И УСЛОВИЯ ИХ В ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В МИСХАНО-ЗАНГЕЗУРСКОЙ ЗОНЫ МАЛОГО КАВКАЗА

Аббасов Н.А., Рустамова Р.Е. puccina2012@yahoo.com

В очень интересной работе С. Кезлера и др. (1998), в которой рассматриваются интрузии островных дуг северной части Карибского моря и орогенных поясов юго-западных штатов США, показано, что орогенные гранитоидные интрузии значительно богаче кремнеземом и щелочами, в том числе редкими щелочами, по сравнению с островными дугами. Этот немаловажный для прогнозной оценки рудоносности интрузий вывод подтвержден И. Г. Павловой (1978) и для других островных районов, в пределах которых сконцентрированы медно-порфиновые месторождения, в частности, Филиппин, Океании и так далее. В. М. Баба-заде и др. (1986) в Малокавказской (Зангезурской) шовной зоне изучили характер распределения щелочных и редкощелочных элементов в островодужных интрузивных образованиях Лок-Агдамской и Мисхано-Зангезурской зон. Что же касается орогенного Мегри-Ордубадского батолита, с которым связана целая группа медно- и молибден-порфирировых, золото-медно-порфирировых месторождений, то здесь, особенно в поздних дифференциатах (граносиенитах), сумма щелочей достигает 7,37%, в породах батолита постоянно присутствуют редкие щелочи, причем гранодиорит-порфириты, в которых количество порфирировых вкрапленников до 40% объема породы, особенно богаты этими элементами. В региональном плане интрузивные образования обеих зон, с которыми связаны месторождения медно-порфирировой формации, приурочиваются к крупным линейаментам, протягивающимся параллельно региональным складчатым структурам. Существенное возрастное различие магматических комплексов пород, развитых вдоль этих линейаментов, свидетельствует о длительности их развития. В этом смысле наиболее хорошо изученной является Ордубад-Далидаг-Кедабекская долгоживущая линейamentная зона в Лок-Агдамской островной дуге, неоднократно подновляющаяся в средней и поздней юре, палеогене и, возможно, доплейстоцене, еще более древнем (палеозойском) заложении линейамента можно судить по совпадению его простирания с направлением структур фундамента. По нашему мнению, и в Мисхано-Зангезурской зоне в качестве региональных рудоконтролирующих структур выступают крупные линейаменты древнего заложения, неоднократно активизировавшиеся в позднеколлизийном этапе геологических эпохи. Они также сопряжены с кольцевыми структурами разных рангов. Затрагивая природу разноориентированных разломов, в большинстве случаев оперяющих крупные линейаменты, отметим, что им отводится особое место, как рудоконтролирующим структурам. К ним мы относим такие разломы, как Парагачайский, Ордубадский, Дебаклинский, Диахчайский, Султангейдарский в южном склоне Малого Кавказа. Таким образом, в региональном плане закономерное размещение медно-порфирировых месторождений определяется: тектоническим режимом обуславливающих геодинамическими и тектономагматическими процессами и временем заложения Лок-Агдамской островной дуги и Мисхано-Зангезурской зоны, обуславливающие двукратное проявление медно-порфирировых месторождений в Малокавказской шовной зоне, в верхнем байосе-бате и верхнем эоцене-миоцене; наличием крупных линейаментов, выступающих в качестве рудоконтролирующих структур и сопряженных с ними кольцевых структур разных рангов; природой деконструкции разрывных нарушений, оперяющих эти линейаменты и классифицирующиеся как рудоконтролирующие; наличием умеренно-кислых интрузий натриевого ряда, более простых по петрографическому составу (Лок-Агдамская островная дуга) и калиевых гранитоидов, реже субщелочных (Мисхано-Зангезурская зона), а также вулканогенных образований контрастной базальт-риолитовой и базальт-дацитовой формаций, образующие вулканоплутонические комплексы. На фоне региональных закономерностей в размещении медно-порфирирового оруденения выделяются закономерности локального порядка, непосредственно связанные с

формированием самих месторождений. Большое значение в этой связи придается порфировым интрузиям, в апикальных частях которых, отличающихся обильной трещиноватостью и интенсивной гидротермально-метасоматической переработкой пород по обе стороны от контакта интрузивного тела, локализуется эндогенная минерализация меди, молибдена и др. полезных компонентов. В Мисхано-Зангезурской зоне это гранодиорит-порфиры, представленные в гипабиссальной фации глубинности и стоящие наиболее близко по времени к оруденению из всех пород Мегрн-Ордубадского батолита, а в Лок-Агдамской островной дуге-гипабиссальные штокообразные малые интрузии порфиров, либо внедрившиеся в тело Атабек-Славянского плагиигранитового массива на рубеже поздней юры-раннего мела (неокома) (Хархарский, Карадагский и др.), либо же прорывающие байосские вулканиты (Кошкачайский и Кошкардагский интрузивные тела. Незначительный эрозионный срез, о чем можно судить по анализу восстановления фаций и мощностей осадочных и вулканогенно-осадочных пород и их палеотектонической реконструкции, по фациям глубинности изверженных пород и характеру распределения в них связанной воды (установленная методом ЯМР «широкой линии»), наконец, по наличию низкотемпературных контактовых минералов (эпидот, цоизит, альбит, хлорит и другие), свидетельствует о том, что вскрыты лишь верхние части интрузивных массивов и пространственно связанных с ними медно-порфировых месторождений. Косвенным показателем глубины эрозионного среза порфировых интрузий являются геохимические черты распространения рения, селена и теллура в главных рудных минералах, возрастающих в верхних частях рудных штоков, сложенных минералами поздних стадий. Отмеченное положение подтверждается и на примере месторождений Зангезура исторической территории Азербайджана (Каджаран, Агарак, Джиндара и др.), в которых максимальные содержания элементов-примесей установлены для средней кварц-молибденит-халькопиритовой продуктивной стадии рудообразования, хотя допускается, что повышенное содержание рения в молибденидах следует увязать не с понижением температуры их образования, а специализацией растворов, формирующих оруденение этих месторождений. В закономерном размещении медно-порфирового оруденения, наряду с эрозионным срезом порфировых интрузий, большое значение имеют литологические и физико-механические свойства магматических образований, вмещающих, эти тела. Отвечающие обычно по составу алюмосиликатным породам разной кислотности, они, как правило, по плотности и хрупкости существенно различаются. Для выявления закономерностей в размещении медно-порфировых месторождений важное значение имеет пространственное распределение минеральных ассоциаций и зональность оруденения. В зависимости от формационной принадлежности интрузивных образований, вмещающих оруденение, и характера метасоматической колонки проявляется зональность различных типов руд по отношению к рудоконтролирующим разломным структурам. В общем случае она сводится к тому, что от центра к периферии штоков рудных тел молибденовая минерализация сменяется медно-молибденовой, золотосодержащей медно-молибденовой и далее-медной. Аналогичная картина отмечается и по вертикали снизу вверх по падению рудного тела. В частном же порядке умеренно кислые штокообразные малые интрузии с натриевой специализацией, с которыми парагенетически связано золотосодержащее медно-порфировое оруденение, имеют ярко выраженный медный профиль (Лок-Агдамская островная дуга). Здесь рудная минерализация соответствует внутренним зонам метасоматитов, представленных монокварцитовыми и серицит-кварцитовыми фациями вторичных кварцитов. Порфировые фазы сложных гранитоидных интрузий с существенно калиевой специализацией характеризуются медно-порфировыми месторождениями с молибденовым профилем (Мисхано-Зангезурская зона). Рудная минерализация здесь большей частью проявляется в биотит-калцикатовых метасоматитах. Как видно, параметром, обнаруживающим наиболее четко направленное изменение медно-порфировых месторождений Малого Кавказа во времени, является содержание молибдена в рудах,

заметно возрастающего относительно древних (Хархар, Карадаг и др.) к более молодым, как на медно-порфириновых (Диахчай, Яшылыг, Мисдаг и др.), так и молибден-порфириновых, объектах (Парагачай). Медно-порфириновые месторождения пространственно сопряжены с промышленной минерализацией других генетических типов, особенно колчеданной, золоторудной, менее-полиметаллической и кварц-сульфидной. На медно-порфириновые руды нередко накладывается более поздняя убогосульфидная минерализация; последняя, концентрируясь на некотором удалении, образует собственные месторождения жильного типа (Мунундаринское). Таким образом, отмечается металлогеническая зональность в размещении рудных месторождений. Выявленные закономерности следует учесть при прогнозировании медно- и молибден-порфириновых месторождений.

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЛИВИНОВ КЕМПИРСАЙСКОГО ГИПЕРБАЗИТОВОГО МАССИВА НА УРАЛЕ

Абдуллина Л.М.

leysan.2014@mail.ru, КФУ ИГиНГТ, Казань, Россия

В работе изучены оливины из альпинотипного гипербазитового массива, включающего Кемпирсайское месторождение хромитов. Альпинотипные гипербазиты, пользующиеся на Урале широким распространением, в настоящее время являются основным источником высокохромистых хромитовых руд. Возрастающие потребности промышленности в хромитах требуют расширения базы хромитового сырья. В связи с этим необходимо выявлять тонкие особенности состава и строения минералов, тем самым, получать важную информацию, отражающую геологическую историю минеральных образований и позволяющую наметить поисковые признаки хромитового сырья в гипербазитовых массивах Урала.

Цель работы заключается в изучении кристаллохимии породообразующих силикатных минералов альпинотипных гипербазитов с последующим выявлением особенностей их генезиса и кристаллохимических поисковых признаков на хромитовое оруденение.

Разрез альпинотипных гипербазитов стратифицирован снизу вверх следующим образом. Низы разреза представлены гарцбургитами, вверх по разрезу в них нередко встречаются одиночные шлировые выделения дунитов, именуемые в литературе как шлировый комплекс дунитов. Выше по разрезу эти шлиры нередко, объединяясь, образуют самостоятельные дунитовые тела. Еще выше по разрезу пользуются значительным распространением сетчато-жильные выделения дунитов, описываемые в литературе как жильно-полосчатый комплекс, дуниты основания полосчатого комплекса и т.д. Таким образом, полихромность дунитов в обобщенном разрезе гипербазитов доказана прямыми геологическими наблюдениями и относятся к фундаментальным характеристикам мантийных пород. Выше по разрезу дуниты постепенно обогащаются моноклинным пироксеном и зачастую без видимых границ переходят в так называемый «полосчатый комплекс», представляющий собой сложное чередование полос пироксенитового состава с полосами дунитового состава (мощностью от 1-2 см до 15-20 м). Нередко на полосчатые клинопироксениты накладываются более поздний комплекс диаллазитов, имеющий, как считается, метасоматическую природу. Анализ этого разреза несет в себе информацию о веществе верхней мантии.

Генезис гипербазитовых пород и альпинотипных гипербазитов наиболее реалистично определяется концепцией их формирования как реститов после метасоматических преобразований, выплавления и отделения магм в ходе частичного плавления мантийного ультраосновного субстрата. В рамках этой концепции многие глубинные ультрабазиты нельзя считать собственно магматическими образованиями, так как они не кристаллизовались непосредственно из расплава. Считается, что они представляют собой рестит – то есть, тугоплавкий остаток после удаления того или иного количества легкоплавкой фракции из исходного ультраосновного материала. Таким образом, альпинотипные гипербазиты относятся к совершенно особому самостоятельному в генетическом смысле типу горных пород. Следует отметить, что потенциальным механизмом избирательного выноса компонентов из мантийных гипербазитов является просачивание через них различных флюидов. Привнос и вынос компонентов в глубинные гипербазиты понимается в широком смысле, как явление мантийного метасоматоза. Не исключено, что привнос компонентов в гипербазиты частично осуществляется в форме расплава.

В процессе работы изучались особенности кристаллохимии оливинов из гарцбургитов и дунитов. Было выявлено, что с ростом хромитоносности гипербазитов содержание двухвалентного железа в оливинах уменьшается, а степень окисленности железа в оливинах увеличивается. Идентичность трендов изменения кристаллохимических особенностей оливинов как гарцбургитов, так и дунитов позволяют высказать следующие предположения. Процесс хромитообразования сопровождался выносом ионов двухвалентного железа из оливинов гарцбургитов в ходе фракционирования оливинов в дунитовые обособления. Этот вывод подкрепляется и размерными характеристиками радиусов ионов описываемых химических элементов. Размер радиуса иона трехвалентного хрома (0,0615 нм) сильнее отличается от размера радиуса иона магния (0,072 нм), чем радиус иона двухвалентного железа (0,078 нм). Это должно способствовать «сбросу» оливином во флюидную фазу не только двухвалентного железа, но и трехвалентного хрома. Все эти наложенные процессы сопровождалось ростом окислительного потенциала среды минералообразования гипербазитов, что способствовало переходу ионов железа и хрома из силикатной в оксидную форму. Этот факт позволяет предположить, что высокотемпературные наложенные процессы преобразования гипербазитов происходили в обстановке растяжения океанической литосферы и интенсифицировались формированием глубинных разломов, являющихся путями миграции кислорода в более глубокие зоны литосферы.

С целью изучения возможной неоднородности в строении зерен оливинов производилось точечное сканирование от центра к периферии зерен минерала методом оптико-спектроскопического микронзондирования. Количество точек сканирования определялось размером зерна оливина и изменялось от 3 до 7. В каждой точке сканирования определялись значения оптико-спектроскопического параметра, отражающего в минерале концентрацию ионов двухвалентного железа. Затем для каждого зерна строились графики изменения значения этого параметра по профилю сканирования. В ходе исследования было выявлено два типа тренда изменения оптико-спектроскопического параметра. Один тренд характеризует общее уменьшение значения данного параметра, что свидетельствует об уменьшении концентрации двухвалентного железа в оливине в направлении от центра к периферии. Данный тренд характеризует вынос ионов железа из периферических частей зерен оливина и свидетельствует об реститовой природе таких зерен. Другой тренд говорит об увеличении концентрации ионов двухвалентного железа и общей железистости зерен оливина в направлении от центра к периферии. Данный тренд свидетельствует о метасоматическом росте этих оливина, то есть эти оливины вторичные.

Таким образом, проведенное оптико-микроскопическое изучение оливинов различных гипербазитовых пород позволяет говорить о двух генетически различных группах оливина. Оливин одной группы – это рестит, он существовал уже в пиролите мантии и с периферии обеднялся железом в процессе выплавления базальтовых магм из мантийного пиролита, а также в процессе его взаимодействия с мантийными флюидами, производившими мантийный метасоматоз во время продвижения мантийного диапира к поверхности Земли. Оливин другой группы имеет метасоматическое происхождение и образовался путем метасоматического преобразования и нарастания по пироксенам и первичным оливинам.

Список литературы

1. Альпинотипные гипербазиты Урала. Информационные материалы. – Свердловск, 1985. – 66 с.
2. Бахтин А.И., Горобец Б.С. Оптическая спектроскопия минералов и руд и её применение в геологоразведочных работах. – Казань, 1992, – 234 с.
3. Велинский В.В., Банников О.Л. Оливины альпинотипных гипербазитов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 102 с.

СЫРЬЕВАЯ БАЗА БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН РОССИИ: ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Белоусов П.Е., Крупская В.В.

pitbl@mail.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), Москва, Россия

Способность бентонитовых глин к набуханию, термоустойчивость, их связующие и сорбционные свойства делают бентонитовую глину незаменимым сырьем для многих отраслей промышленности. В России, основными направлениями потребления бентонита являются металлургия, литейное производство и бурение. Ориентировочные запасы бентонитовой глины достигают 240,9 миллионов тонн (категория A+B+C₁+C₂) (гос. баланс запасов, 2015). Наиболее крупными и промышленно ценными месторождениями считается Биклянское и Березовское с запасами в 38,7 млн.т. (респ. Татарстан), Зырянское с запасами 14,4 млн.т. (Курганская обл.) и 10й Хутор с запасами в 4 млн.т. (респ. Хакасия) (рис. 1). Общие запасы вышеперечисленных месторождений составляет 57,1 по (категория A+B+C₁).

Российская классификация бентонитов, основанная на их происхождении, имеет свои особенности и немного отличается от зарубежных классификаций. Месторождения бентонита подразделяются на следующие группы: вулканогенно-осадочные (девитрификация вулканического пепла в щелочных водах); гидротермальные (гидротермальное преобразование вулканогенных и осадочных пород); осадочные (переотложенные глины) и элювиальные (кора выветривания). Однако, основными генетическими типами бентонитовых глин, представленными в России, является осадочный и вулканогенно-осадочный.

В структурном плане, основные месторождения бентонитовой глины России расположены в пределах Восточно-Европейской платформы, Урала, Западно-Сибирской плиты, Алтае-Саянского и Дальневосточного складчатых поясов. В стратиграфическом плане, почти все российские месторождения бентонита приурочены к нижне-каменноугольному и неоген-палеогеновому возрасту. Причем осадочный тип связан с краевыми частями древних платформ и щитов в эпоху стабилизации тектонического движения. Вулканогенно-осадочные связаны со складчатыми поясами (окраинно-континентальные орогены с зонами глубокой разлома и активным вулканизмом) (Сабитов и др., 2010).

Для осадочных месторождений обычно характерно простое геологическое строения, большие запасы и низкое качество бентонита. Содержание монтмориллонита колеблется от 30 до 60% (щелочноземельный тип). Крупнейшие бентонитовые месторождения этого типа в России расположены в республике Татарстан (Биклянское, Верхне-Нурлатское, Тарн-Варское и Березовское м-я), в Курганской области (Зырянское м-е), Омской области (Любинское м-е) и Оренбургской области (более 20 месторождений: Соболевское, Желтое, Активное, Саринское, Ижбердинское и пр.) (Наседкин и др., 2001).

Для вулканогенно-осадочного типа характерно высокое качество бентонита и сложное геологическое строение. Содержание монтмориллонита колеблется от 50 до 80% (щелочной и щелочноземельный тип)

Месторождение бентонитовых глин «10-й Хутор», с запасами порядка 4 млн.т. относится к вулканогенно-осадочному типу и расположено оно в 8 км юго-западнее города Черногорска в республике Хакасия. Месторождение локализовано в пределах развития образований сарской свиты, которая входит в состав континентальной туфо-песчано-глинистой угленосной формации каменноугольного возраста. По минеральному составу, бентониты месторождения «10-й Хутор» состоят на 40 - 75% из монтмориллонита (щелочноземельного). Стоит отметить, что вся Южно-Минусинская впадина является перспективной для поиска бентонитовых глин. Угленосная формация, выполняющая мульду, является бентонитоносной и насчитывает целую серию из более мелких месторождений и проявления бентонитовых глин



Рис. 1 Обзорная карта минерально-сырьевой базы бентонитовых глин РФ

Список месторождений: 1 – Бикляное, Березовское и др. (респ. Татарстан); 2 – Зырянское (Курганская обл.); 3 – 10й Хутор (респ. Хакасия); 4 –Ижбердинское, Сарайбашское и др. (Оренбургская обл.); 5 – Герпегежское, Нальчинское (респ. Кабардино-Балкария); 6 – Калиново-Дашковское (Московская обл.); 7 – Никольское, Майдан-Бентонитовое, Подгорное (Воронежская обл.); 8 – Любинское (Омская обл.); 9 – Камалинское (Красноярский край); 10 – Тарасовское, Миллеровское (Ростовская обл.); 11 – Тихменевское, Вахрушевское, Макаровское (Сахалинская обл.); 12 – Зеркальное (Приморский край); 13 – Ургальское (Хабаровский край).

Другим важным регионом является Сахалинская область. В пределах Сахалинской области бентонитоносность генетически и пространственно связана с миоценовыми туфо-терригенными угленосными отложениями верхнедуйской свиты нижнего неогена. По минеральному составу глины состоят на 40-85% из монтмориллонита. На данный момент разведаны Тихменевское, Вахрушевское и Макаровское месторождения бентонитов. Ориентировочные суммарные запасы составляют 4 млн.т (Белоусов П.Е., Наседкин В.В., 2015) В результате изучения месторождений бентонитовых глин России можно сделать вывод, что для месторождений вулканогенно-осадочного генезиса характерно образование бентонитоносных провинций. Более того, большинство из них связаны со складчатыми поясами и залегают совместно с угленосными отложениями в угольных бассейнах.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РНФ (проект №16-17-10270).

1. Государственный баланс запасов РФ «Глины бентонитовые». 2015
2. Сабитов А.А., Руселик Е.С., Трофимова Ф.А., Тетерин А.Н. Бентониты России: состояние освоения и перспективы развития сырьевой базы. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. №5. 2010.
3. Наседкин В.В., Кваша Ф.С., Стаханов В.В. Бентониты в промышленности России. М.: ГЕОС. 2001.
4. Белоусов П.Е., Наседкин В.В. Генезис и особенности условий образования бентонитов Тихменевского месторождения (о. Сахалин). Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2015. № 2. С. 45-51.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАК КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУТАРНОЕ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Гаврилов С.Е.

serggav1994@mail.ru, Институт наук о Земле ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Пространственно месторождение Бутарное расположено в Хасынском районе Магаданской области, в пределах листа масштаба 1:25000 Р-56-89-Б-6. Участок связан грунтовой автодорогой (15 км) с федеральной трассой «Кольма». Расстояние по трассе до ближайшего поселка – Горный (Ягоднинский район) – 72 км, до г. Магадана – 309 км.

История открытия месторождения Бутарное. В 1985— 1988 гг. при геохимической съемке по потокам рассеяния масштаба 1 : 200 000 в западной части Буондино-Балыгчанского поднятия в обрамлении одноименного штока были установлены контрастные аномалии золота интенсивностью 0.003— 0.044 г/т. Затем в 1995—1996 гг. в ходе работ ОАО "Дукатгеология" (горные выработки, бурение, детальная геофизика и геохимия) в пределах штока Бутарный была выявлена зона минерализации протяженностью около 1.6 км и шириной 600 м, распространяющаяся на глубину более 100 м, содержащая несколько золотоносных кварцевых жил. В 2007—2010 гг. ООО "Золотодобывающая корпорация" провело разведку жил месторождения Бутарное и в 2011 г. утвердило в территориальной комиссии балансовые и забалансовые запасы золота в количестве 3.5 т и 2.7 т соответственно. В 2016 г. на месторождении Бутарное велась разведочные работы в пределах участков Центральный и Угловой.

Краткий геологический очерк. Золоторудное месторождение Бутарное расположено в пределах апикальной части одноименного слабо эродированного гранитоидного штока площадью 4,6 км. Шток и его обрамление приурочены к южному замыканию Гербинской брахисинклинали, входящей в состав Балыгчанского поднятия – структурного элемента Адыча-Балыгчанского мегантиклинория, Яно-Кольмской складчатой области. Наложенной структурой, значительно усложняющей строение территории, является Хурчан-Орутуканская зона тектоно-магматической активизации.

Гранодиориты штока Бутарный (относятся к басугунинскому плутоническому диорит-гранодиорит-гранитовому комплексу, поздняя юра) прорывают и метаморфизуют терригенные отложения верхнего триаса и нижней юры (аргиллиты, алевролиты, песчаники, туфопесчаники) и на востоке перекрыты поздне меловыми вулканитами улынской свиты (лавы и туфы среднего и основного составов), в свою очередь прорванные поздне меловыми кислыми и основными дайками. В верхней части разреза залегают рыхлые континентальные отложения четвертичной системы.

Бутарнинское золоторудное месторождение расположено в интенсивно метасоматически измененных гранодиоритах, сформировавших одноимённый шток и представлено протяженной зоной десяти сближенных, субпараллельных тел жильно-прожилкового окварцевания северо-восточного (20-30°) простираения, формирующих крутопадающий (75-90°) рудный пучок – Главную рудную зону, содержащую все оцененные запасы золота. Содержания золота в сульфид-кварцевых жилах и прожилках достигают 75,65 г/т (по данным пробирного анализа). Среднее содержание золота в рудных телах 2,5-5,0 г/т. Мощность рудных тел варьирует в пределах 0,2-8,0 м, в среднем 1,5-3,0 м.

Генетические особенности руд месторождения. Руды месторождения сформировались на гидротермально-метасоматическом этапе в две стадии (ранняя висмут-

содержащая золото-пирит-арсенопиритовая и поздняя кварц-леллингит-арсенопирит-антимонит-джемсонитовая (жилы меняют простирание и секут ранние)). При этом были образованы во многом очень сходные сульфидно-кварцевые минеральные парагенезисы, но минерализация второй стадии отличается не только обликом кварца, но и появлением антимонита и джемсонита.

Данные исследования флюидных включений показывают, что для состава рудообразующего флюида месторождение Бутарное характерны высокие концентрации растворенных газов (прежде всего углекислоты) и низкие – солей.

Место IRGS (intrusion-related gold systems) в современной классификации золоторудных месторождений. В конце XX века рядом зарубежных исследователей был выделен новый глобально распространенный класс месторождений, связанных с интрузивами, в которых золото является главным полезным компонентом (intrusion related). С тех пор интерес к этим месторождениям не ослабевает в связи с успешной разработкой на Аляске и в Австралии месторождений Форт Нокс, Пого и Тэфлер.

Золоторудное месторождение Бутарное как представитель IRGS. По совокупности характеристик месторождение Бутарное может быть уверенно отнесено к IRGS:

- 1) Приуроченность оруденения к субщелочным интрузивам от среднего до кислого состава.
- 2) Форма интрузива – небольшой вытянутый шток.
- 3) Геохимическая подпись IRGS, приуроченных к небольшим по размерам штокам гранитоидов – связь золота с As, Bi, Sb.
- 4) Высокие концентрации углекислоты в рудообразующих флюидах.
- 5) Низкое содержание сульфидов в рудах, основной сульфид - арсенопирит.
- 6) Месторождение сформировалось в типичной для IRGS геодинамической обстановке – континентальная окраина в зоне ТМА.

Наиболее близкими месторождениями-аналогами (по пространственной локализации оруденения) являются Форт-Нокс (Аляска) и Даблин-Галч (Юкон).

Литература

1. Роднов Ю.Н. Отчет о проведении поисково-оценочных работ на рудопроявлении Бутарное в 2007-2010 гг. (в 5-и книгах). – Магадан, 2010.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации, Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение), Серия Верхояно-Колымская, Лист Р-56 - Сеймчан (Объяснительная записка). – Санкт-Петербург, 2008.
3. Черепанова Н.В., Прокофьев В. Ю., Волков А.В., Трубкин Н.В., Старостин В.И., член-корреспондент РАН Сидоров А.А. Геохимические особенности рудообразующих флюидов и условия формирования золотого оруденения месторождения Бутарное (Северо-восток России). - Доклады Академии наук, 2011, том 441, № 6, с. 810-815.
4. Craig J.R. Hart. Classifying, Distinguishing and Exploring for Intrusion-Related Gold Systems. – Geological Association of Canada, Gangue No. 87, October 2005.

Химический состав торита в двух слюдяных гранитах в регионе Эль-Села,
Восточная пустыня, Египет.

Гхонеим М. М.^{1, 2}

¹Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург,
Россия

²Управление ядерных материалов, Каир, Египет.

Moh.gho@mail.ru

Полевые исследования показали, что область Эль-Села, Египет состоит из двуслюдяных (мусковит-биотитовых) гранитных интрузий, прослеживающихся с ВСВ на ЗЮЗ. Эти двуслюдяные граниты прорваны дайками микрогранитов, долеритов и бостонитов, а также кварцевыми и джаспероидными жилами.

Торит минерал из группы циркона, наиболее распространённый из всех Th-содержащих минералов. Торий почти всегда содержится в минералах редкоземельных элементов, которые служат одним из источников его получения. Содержание тория в земной коре — 8—13 г/т, в морской воде — 0,05 мкг/л. В магматических породах содержание тория уменьшается от кислых (18 г/т) к основным (3 г/т). Значительное количество тория накапливается в связи с пегматитовыми и постмагматическими процессами, при этом его содержание увеличивается с повышением количества калия в породах. Основная форма нахождения тория в породах в виде основной составной части уран-ториевых, либо изоморфной примеси в аксессуарных минералах. В постмагматических процессах в определённых благоприятных условиях (обогащённость растворов галогенами, щелочами и углекислотой) торий способен мигрировать в гидротермальных растворах и фиксироваться в скарных уран-ториевых и гранат-диопсидовых ортитсодержащих месторождениях. Здесь главными минералами тория являются монацитовый песок и ферриторит. Накапливается торий также в некоторых грейзеновых месторождениях, где он концентрируется в ферриторите либо образует минералы, содержащие титан, уран и др. Входит в состав, в виде примесей, наряду с ураном, в почти любые слюды, (флогопит, мусковит и др.) — породообразующих минералов гранита. Поэтому граниты некоторых месторождений (ввиду слабой, но при длительном воздействии на человека опасной радиации) запрещено использовать в качестве наполнителя для бетона при строительстве.

Торий относится к семейству актинидов. Тем не менее специфическая конфигурация электронных оболочек делает его близким Ti, Zr, Hf по некоторым свойствам.

Торий способен проявлять степени окисления +4, +3 и +2. Наиболее устойчива +4. Степени окисления +3 и +2 торий проявляет в галогенидах с Vg и I, полученных действием сильных восстановителей в твердой фазе. Ион Th⁴⁺ отличается сильной склонностью к гидролизу и образованию комплексных соединений.

Кристаллы редки; имеют тот же облик, что и кристаллы циркона. Обычно встречается в виде вкрапленных зёрен, реже в сплошных тонкозернистых массах. Часто находится в метамиктном состоянии; от собственного радиоактивного излучения на

кристаллическую решетку она может быть уничтожена полностью, при том что внешний вид кристаллов остаётся без изменений, но метамиктно изменённые разности оптически изотропны, рентгеноаморфны и содержат до 12% H₂O.

Торит в двух слюдяных гранитах выделяет субэдральные к эдральным кристаллам как отдельные зерна размером до 50 мкм, промежутки с цирконом и включения в циркон. Он несколько напоминает циркон, но ярче встречаются как маленькие квадратные призматические кристаллы с пирамидальными точками и был обнаружен вокруг кристаллов циркона на периферии. Торит также может быть окружен оксидами железа

Химический состав торита приведен. ThO₂ составляет от 66,69 до 73,17 мас.% (В среднем 69,55 мас.%), UO₂ составляет от 1,03 до 5,44 мас.% (В среднем 2,99 мас.%), SiO₂ составляет от 13,19 до 17,59 мас.% (В среднем 15,33 мас.%), Y₂O₃ (2,7 мас.%). Небольшие количества Ca, P и REE, Al и Fe были зарегистрированы как замещения в торитах

Благодарность. Автор выражает глубокую признательность профессору, д.г.-м.н. Е.Г. Пановой из Санкт-Петербургского государственного университета за помощь и руководство.

Аналитическая работа проводилась Ресурсным центром «Геомодель», Санкт-Петербургским государственным университетом, Санкт-Петербург, Россия.

К НОВЫМ ТИПАМ ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАРАТЮБЕ-ЧАКЫЛКАЛЯНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

¹Жураев М.Н., ¹Дилмонов О.О., ²Тураев Т.Н.

1. j.mexroj@yandex.ru Ташкентский государственный технический университет,
Ташкент, Узбекистан

2. ГП «Южно-Узбекистанская ГСПЭ», Шахрисабз, Узбекистан

Основной минерагенический потенциал на вольфрам Каратюбе–Чакылкалянского рудного района долгие годы связывался со скарново–шеелитовой формацией, представленной рядом месторождений (Яхтон, Чаштепа, Ходжадык, Каратюбе) и множеством рудопроявлений.

Весь объем скарноворудных полей Чакылкалянского сектора района, содержащих промышленное вольфрамовое оруденение, связан с породами основной фазы Яхтонского интрузивного комплекса. Скарновые тела контактового, межпластового, штокверкового и секущего морфотипов формируются по разнообразным карбонатным породам мадмонской и шингской свит автохтона.

По составу скарны подразделяются на пироксеновые, гранат–пироксеновые и гранатовые, с амфиболом и эпидотом. Наиболее благоприятным условием для образования шеелита является период формирования геденбергитовых скарнов, преимущественно мономинеральных, в меньшей степени с незначительной долей гранатов. Шеелит сингенетичен и близок по времени к осаждению скарнообразующих минералов. Об этом свидетельствует одинаковая раскристаллизованность шеелита, пироксенов и гранатов и одновременная перекристаллизация шеелит–гранат–геденбергитовых агрегатов на участках постскарновых изменений. Характерно также отсутствие подводящих трещин с жильными минералами к зернам шеелита, что указывает на его наложенный характер, а также уменьшение содержаний шеелита на участках повышенной сульфидизации скарнов, соответствующей раннегидротермальной стадии кислотного выщелачивания, при которой шеелит наряду с пироксенами становится неустойчивым минералом [1].

Наиболее значимым скарново–шеелитовым проявлением Каратюбинского сектора является месторождение Каратюбе, скарново–рудные тела которого приурочены к экзоконтакту Сарыкульского интрузива и сформированы по прослоям карбонатных пород в метаморфических сланцах, в основном в виде межпластовых залежей. В составе известковых скарнов преобладают пироксены диопсид–салит–геденбергитового ряда в ассоциации с гранатом, везувианом и волластонитом. Наиболее богаты вольфрамом везувиан–гранатовые скарны (72 % этих скарнов рудоносны), менее богаты–гранатово–пироксеновые (рудоносны 55 %).

Оруденение Сарыкульского типа приурочено к тектонически–ослабленной зоне северо–западного долгоживущего разлома, выраженного серией субпараллельных тектонических швов; даек ультракислых гранитоидов; тектонических пакетов, сформированных по линейным олистолитам известняков и кремнистых сланцев; линейных тел метасоматитов разнообразного состава. Основными морфотипами рудных тел Сарыкульского типа являются плитообразные минерализованные залежи и разнообразные линзы.

Рудные тела характеризуются средними содержаниями триоксида вольфрама 0,5–0,8 %. Шеелит является главным и единственным вольфрам–содержащим минералом, определяющим практическую значимость руд. Типоморфными элементами вольфрамового оруденения Сарыкульского типа являются W, Cu, Bi, Sn, Au, Te, Ag.

Новый для Северо–Чакылкалянской зоны (Гуссайский) рудно–формационный тип золото–вольфрамового оруденения связан, с поздними (по отношению к продуктивному на скарны Яхтонскому интрузивному комплексу) тектоническими зонами северо–восточного простирания, и проявлен на Чаштепинском и Яхтонском рудных полях [2].

Общим для этих рудных полей является формирование оруденения телескопированного типа, с пространственным совмещением скарново–шеелитового (с золотом) и гидротермально–метасоматического золото–вольфрамового оруденения.

Рудные тела локализируются в разрывных структурах северо–восточного и широтного направлений в Чаштепинском рудном поле и северо–восточного и субмеридионального направлений в Яхтонском рудном поле.

Морфология рудных тел для Гуссайского типа оруденения напрямую зависит от характера рудолокализирующих структур. Основными морфотипами для рудных тел являются линзовидные тела в линейных частях разрывов и рудные столбы, формирующиеся в зонах пересечения северо–восточных, широтных и субмеридиональных дизъюнктивов, под экраном пород кремнисто–карбонатных толщ.

Геохимия оруденения Гуссайского типа четко определяется полистадийностью рудного процесса. Для анализа распределения рудных элементов были рассчитаны коэффициенты интенсивности накопления элементов в рудах, относительно их кларков в земной коре. В результате, получен следующий ряд коэффициентов (кларков) – концентрации:

Bi-Te-Au-W-Sb-As-Mo-Ag-Se-Cu-Sn (для Чаштепинского рудного поля);

Bi-W- (Ag, Te) -Sb-As-Au-Pb (для нижнего яруса Яхтонского рудного поля).

Сопоставление этих рядов указывает на существенную роль в формировании золото–вольфрамового оруденения гуссайского типа Te и Bi.

По итогам корреляционного анализа в первом приближении, можно выделить ряд геохимических парагенезисов, определяющих пространственные положения повышенных концентраций золота. Наиболее важные из них: Au-W, Au-As, Au-Te – определяют типоморфные элементы золото–вольфрамового оруденения Гуссайского типа (Au, W, Bi, As и предположительно Te).

На уровне рудных столбов, намечается совмещение (телескопирование) геохимических парагенезисов, в основном в позициях экранирования минерализованных зон, развитых в гранодиоритах, кремнисто–карбонатными толщами.

Верхнерудный уровень рудных зон фиксируется, предположительно, в виде серии тонких кварцевых прожилков, имеющих северо–восточное простирание и сопровождающихся повышенными содержаниями золота, коррелирующихся с сурьмой, серебром, свинцом и мышьяком. Наличие различных парагенезисов золота, связанных с дискретным характером развития рудного процесса, позволяет наблюдать их совмещение на участках телескопирования и предполагать возможное пространственное разобщение с формированием золото–вольфрамовых и собственно золотых и вольфрамовых минеральных ассоциаций.

Постколлизийный возраст золото–вольфрамового оруденения Гуссайского типа определяет его приуроченность к поздним деформационным структурам, наложенным, как на коллизийные гранодиориты, так и на дайки алмалясайского комплекса пермо–триасового возраста, секущих весь домезозойский разрез, верхнепалеозойские гранитоидные комплексы и, во многих случаях, и надвиго–шарьяжные структуры.

Предварительно оцененный потенциал триоксида вольфрама на объектах новых рудно–формационных типов в Каратюбе–Чакылкалянском рудном районе позволяет отрабатывать его как открытым, так и подземным способами.

Литература

1. Ежков Ю.Б., Турамуратов И.Б. и др. Новые направления в региональной геохимии и металлогении вольфрама Узбекистана. Т., «Геология и минеральные ресурсы», № 5, 2007. С. 15-19.
2. Жўраев М.Н., Тураев Т.Н. Новые типы вольфрамового оруденения Каратюбе–Чакылкалянского рудного района. / “Горный вестник Узбекистана”. Наваий 2017. № 3. С. 63-67.

ДОБЫЧА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Жидкова Т.А.

zhjdkova@bsu.by

Белорусский государственный университет
г.Минск, Беларусь

Геологическая разведка природных ресурсов, планомерно проводимая в Республике Беларусь со второй половины прошлого века, опровергает ранее существовавшее представление о Беларуси как стране бедной минерально-сырьевыми ресурсами.

Благодаря работе многочисленных геологических экспедиций доказано, что Беларусь имеет довольно мощную минерально-сырьевую базу. В стране выявлено и разведано около пяти тысяч месторождений, представляющих почти тридцать видов минерального сырья. Основными полезными ископаемыми, добыча которых оказывает определяющее влияние на экономику страны, являются калийные и каменные соли, нефть, торф, подземные пресные и минеральные воды.

Немаловажное значение в геологической отрасли занимает добыча строительных материалов, сырье которых используется в натуральном виде или после соответствующей технологической переработки. В республике имеются большие запасы строительного камня, меловых и мергелистых пород, суглинков и глин, песков и гравийно-песчаных пород и других.

Следует отметить, что месторождения строительных материалов встречаются практически во всех районах Беларуси и разведанные практически полностью удовлетворяют внутренние потребности страны. Значительная часть разведанных месторождений строительных материалов разрабатывается 15 добывающими компаниями, а остальные являются резервными базами горнодобывающих предприятий.

Важной составляющей минерально-сырьевой базы республики является добыча строительного облицовочного камня, месторождения которого с промышленными запасами 596,7 млн м³ разведаны в Брестской и Гомельской областях.

В Брестской области запасы строительного и облицовочного камня известны Лунинецкий район. Сырьем для строительного и облицовочного камня служат архейско-нижнепротерозойские магматические породы кристаллического фундамента. Основное количество изученных месторождений расположено в пределах Микашевичско-Житковичского выступа. Самыми известными из них являются месторождения «Микашевичи», «Ситницкое», «Синкевичи». В качестве полезного ископаемого разведаны кристаллические породы единого штокообразного массива, представленные преимущественно диоритами, гранитами и гранодиоритами.

В Гомельской области разработка месторождения строительного камня идет в Лельчицком районе на месторождении «Крестьянская Нива». Извлекаемым полезным ископаемым являются кристаллические породы, представленные мигматитами гранитного и гранодиоритового состава, в меньшей мере, мигматитами диоритового состава и амфиболитами.

На основе Лельчицкого месторождения работают частное производственно-торговое унитарное предприятие «В.П. Бутковский» и щебеночный завод «Глушкевичи». Первой, из указанных промышленных организаций, ежемесячно перерабатывается в среднем 55 м³ различных видов гранита, из которых производится около 100 наименований товаров, включающих бордюрный камень, брусчатку, плитку, декоративные заборы и другие. Существенный объем облицовочного камня использовалась для художественного оформления станций Минского метрополитена, а также Национального аэропорта Минск. Важно отметить, что данное предприятие является в настоящее время одним из градообразующих.

Щебеночный завод «Глушковичи» действует с 1975 года и занимается добычей и обогащением, включающим дробление и сортировку строительного камня Лельчицкого месторождения. Это позволяет обеспечивать потребность в строительном и облицовочном камне организации Гомельской области и других регионов Республики Беларусь. В настоящее время щебеночный завод производит щебень всех фракций, к которым относятся гравийно-песчаные-щебеночные смеси, отсеv, брусчатый и буттовый камень. Расширенное производство дает возможность использовать производимый материал не только в дорожном строительстве, но и обеспечивать специфическими фракциями наиболее требовательных заказчиков. Так же как и производственно-торговое унитарное предприятие «В.П. Бутковский», щебеночный завод «Глушковичи» является градообразующим.

Кроме месторождения «Крестьянская Нива» в Лельчицком районе находится единственное в Беларуси месторождение монолитного гранитного камня (карьер «Надежда»), который в настоящее время затоплен водой. Характерной чертой карьера «Надежда» является добыча гранита красно-коричневого цвета. Известно, что данная порода характеризуется уникальными свойствами. Высокая прочность, механическая износостойкость, влаго- и морозоустойчивость способствуют долгосрочной эксплуатации объектов строительства, а декоративные качества, включающие естественный природный вид позволяют архитекторам и дизайнерам создавать неповторимый облик зданиям и сооружениям. Сами по себе декоративные особенности гранита зависят от окраски полевых шпатов и кварца, что позволяет встречать этот строительный камень в природе в оттенках от белых до черных цветов, а также от светлорозовых до темно-красных. Уникальность месторождения заключается в том, что гранит именно такого цвета ценится во всем мире вдвое дороже обычного серого. Кроме того, аналог такого гранита добывается только в таких африканских странах, как Сомали, Намибия и Эфиопия, что позволяет говорить об исключительности данного месторождения для республики.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 4 апреля 2011 г. №431 утверждена Программа освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на период до 2020 года. Данной программой установлен перечень месторождений полезных ископаемых, планируемых к разработке в республике, в том числе и по Лельчицкому региону.

Как следствие, в настоящее время оперативно разрабатывается документация, проводятся работы по закупке оборудования и обучению персонала для того, чтобы с 1 июля 2018 года обеспечить добычу и переработку природного камня на месторождении «Надежда». Специалисты и эксперты отмечают уникальность белорусского природного камня и необходимость скорейшей расконсервации карьера «Надежда», создания на предприятии собственного перерабатывающего производства, способного реализовывать продукцию внутри страны и за рубежом.

Как отмечено выше, мероприятия по добыче строительного и облицовочного камня в Лельчицком районе будут реализованы в ближайшем будущем. Что касается переработки добываемого полезного ископаемого, то на территории месторождения «Глушковичи» в настоящее время в рамках инвестиционного договора уже реализуется проект «Строительство щебеночного завода мощностью 0,8 млн. тонн в год инертных материалов в Лельчицком районе» (общая стоимость проекта 6 млн. долларов США, срок реализации 2013-2019г.г.). Кроме того, в мае 2016 года заключен инвестиционный договор с ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» под реализацию проекта «Строительство щебеночного завода вблизи аг. Глушковичи Лельчицкого района и подъездной дороги к нему». Срок реализации данного проекта до 30 июня 2020 года. Объем инвестиций 7,8 млн. денонмированных белорусских рублей.

Таким образом, перспективные планы и прогнозы геолого-добывающей отрасли Республики Беларусь ориентированы на разработку экологически безопасных и экономически эффективных технологий добычи, переработки и использования минерального сырья, повышения коэффициента извлечения полезных ископаемых на эксплуатируемых месторождениях.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЦЕОЛИТОВ ТАТАРСКО-ШАТРАШАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

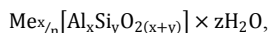
Исламова Р.Р.

geology.isl@mail.ru, КФУ ИГиНГТ, Казань, Россия

Татарско-Шатрашанское месторождение расположено в 1,5 км севернее д.Татарские Шатрашаны Дрожжановского района РТ, на правом борту долины реки Большая Якла. Месторождение вытянуто в субширотном направлении и прослежено горными выработками и скважинами на 3,0 км, на западе оно ограничено кромкой крупного крутого оврага, вдоль которого проходит административная граница Татарстана с Ульяновской областью. Южный и восточный контуры месторождения проведены по подножью водораздельного склона, круто возвышающегося над поймой реки. На севере естественная граница отсутствует, объект оконтурен по линии буровых скважин с учетом данных геофизики.

Объектом наших исследований стали цеолитсодержащие породы, открытые в меловых образованиях Ульяновско-Саратовского прогиба, к которому приурочено и месторождение Татарские Шатрашаны.

Цеолиты (от греч. zéо — киплю и líthos — камень; из-за способности вспучиваться при нагревании), алюмосиликаты, кристаллическая структура которых образована тетраэдрами $[\text{SiO}_4]_4^-$ и $[\text{AlO}_4]_5^-$, объединёнными общими вершинами в трёхмерный каркас, пронизанный полостями и каналами. Общая формула цеолитов:



где Me — металл, n — его степень окисления, x — число атомов алюминия, y — число атомов кремния, z — число молекул воды [1].

Природные цеолиты в силу своих физико-химических свойств: адсорбционных, ионообменных и молекулярно-ситовых - являются сырьем многоцелевого назначения, что выгодно их выделяет из всех полезных ископаемых. Возможные направления использования цеолитов исчисляются сотнями и охватывают практически все сферы хозяйственной деятельности человека: сельское хозяйство, промышленность, стройиндустрию, водоснабжение, энергетику, газо-нефтедобывающую индустрию, экологию и другие. Уникальные свойства и широкий круг областей применения цеолитов определили возрастание спроса на цеолитовое сырье и стимулировали его изучение [2].

Цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашанского месторождения представляют собой сложную поликомпонентную систему переменного состава. В этой системе основные породослагающие компоненты – цеолит, опал-кристоболит-тридимитовая фаза (ОКТ-фаза), глинистые минералы, кальцит и кварц – составляют 90-95% от объема породы. Три первых из них являются природными сорбентами и характеризуются специфическими физико-химическими (адсорбционными, катионообменными) и физико-механическими свойствами, которые, в конечном итоге, определяют технологические свойства цеолитсодержащих пород, качество цеолитового сырья и возможные области его применения [3, 4].

Пористая открытая микроструктура цеолитов определяет их уникальные свойства. Обезвоженные путем нагревания цеолиты приобретают способность адсорбировать внутрь структуры молекулы различных веществ, которые по своим размерам не превышают диаметр входных пор-онок. В водной среде цеолиты легко обменивают свои катионы на другие, находящиеся в растворе. В процессах адсорбции и ионного обмена цеолиты проявляют тенденцию к избирательному поглощению одних ионов или молекул перед

другими (молекулярно-ситовые свойства). Реакционная способность некоторых сорбированных молекул резко и избирательно увеличивается, в результате чего цеолиты проявляют каталитическую активность во многих реакциях, лежащих в основе промышленных процессов синтеза и переработки. При изменении внешних условий адсорбированные молекулы могут быть удалены, а обменные катионы заменены другими, в результате чего цеолиты регенерируются и могут работать в циклическом режиме. Обработка растворами кислот, щелочей и солей позволяет модифицировать цеолиты и целенаправленно изменять их свойства применительно к решению той или иной задачи.

Адсорбционные свойства пород зависят от адсорбционно-структурных характеристик породослагающих минералов-сорбентов и структурно-текстурных особенностей пород. Цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашанского месторождения содержат три типа минералов сорбентов: цеолиты, монтмориллонит, опал-кристобалит. По диаметру пор два первых из них относятся к группе микропористых сорбентов, а опал-кристобалит – макропористых. Суммарное действие этих минералов определяют так называемую эффективную адсорбционную способность породы и ее свойства в целом.

Анализ адсорбционно-структурных характеристик цеолитсодержащих пород продуктивной толщи Татарско-Шатрашанского месторождения показал, что по классификации У.Г.Дистанова, эти породы относятся к относительно мелкопористым, как имеющим средний диаметр пор менее 8 нм (а именно 6,4 нм) при удельной поверхности более 100 м²/г (107 м²/г) [5].

В количественном отношении значения катионообменной емкости, адсорбционной способности и других свойств цеолитсодержащих пород (цеолитов 20 %) сопоставимы с показателями цеолитовых руд (цеолитов 65 – 70 %).

Платформенный тип месторождений цеолитсодержащего сырья включает в себя, как минимум, три минералого-технологических типа цеолитсодержащего сырья: цеолит-кальцит-опал-кристобалитовый (цеолит-мергельно-кремнистый), цеолит-гидрослюдисто-монтмориллонитовый (цеолит-глинистый) и цеолит-кварц-глауконитовый (цеолит-песчаный) [6].

Список использованной литературы

1. Михайлов А.С., Дистанов У.Г. Минеральное сырье. Цеолиты // Справочник. М., 1999.
2. Методическое руководство по поискам, оценке и разведке месторождений твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан. Часть 3. Методика разведки и геолого-экономической оценки. / Под ред. Хайретдинова Ф.М., Файзуллина Р.М. Казань, 2001.
3. Геология методы поисков и разведки месторождений неметаллических полезных ископаемых / Поиски, разведка и оценка месторождений цеолитсодержащих руд. Обзор ВИЭМС. М., 1989.
4. ТУ 5743-001-00494350-99. Цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан (при использовании в земледелии). Введены Минсельхозпрод РТ. Казань, 1999.
5. Дистанов У.Г. Классификация песчано-глинисто-кремнистых пород. Литология и полезные ископаемые. 1971. № 6. С. 146-151.
6. Основы минерагенического анализа платформенных и складчатых областей (на примере нерудных полезных ископаемых). Обзор ВИЭМС/Аксенов Е.М., Валева Р.А., Солонцов Л.Ф. М., 1979.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ НА УТЭВЕЕМСКОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ

Калько И.А., Николаева И.Ю., Николаев Ю.Н., Власов Е.А.
ildarkalko@ya.ru, МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Утэвеемская перспективная площадь расположена на юго-западе Чаунского района Чукотского автономного округа. В 80-ых годах XX века на площади были выполнены геологические и поисковые работы [1]. В 2011-2015 годах на территории проводились поисковые работы ООО «Недра Севера». Были получены новые данные о минералогии, условиях образования, аномальном геохимическом поле на перспективном рудопроявлении Капелька и рудопроявлениях Утэвеемской площади [2,3,4]. В структурном плане Утэвеемская площадь приурочена к центральной части крупной Пучевеемской вулканотектонической депрессии и к зоне сопряжения вулканических структур разного морфологического типа более высоких порядков, которые относятся к внешней зоне Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) и являются структурами Угаткынской вулканической дуги. Разрывные нарушения глубинного заложения, контролирующие оруденение, имеют северо-восточное, северо-западное, субмеридиональное простирание. Оруденение выявлено во вмещающих вулканитах андезит-дацит-риодацитово-меловой формации позднего мела, представленного пучевеемской и угаткынской свитами; оно связано с штокерковыми и жильно-прожилковыми телами. Метасоматиты представлены пропилитами, калиевыми метасоматитами, аргиллизитами, вторичными кварцитами. По совокупности геологических данных рудопроявление Капелька отнесено к перспективным объектам. Горными работами на проявлении Капелька установлены новые рудные пересечения, с отдельными ураганскими содержаниями серебра, но не имеющие площадного распространения. На текущий момент работы на участке не проводятся.

Рудообразование на Утэвеемской площади проходило в три этапа пирит-арсенопирит-молибденовый; полиметаллический (галенит-сфалерит-халькопиритовый); поздний, связанный с образованием кварц-хлорит-гидрослюдистых метасоматитов, кварцевых жил и прожилков с золото-акантитовой и золото-блекловорудной ассоциациями [3].

Температуры образования, установленные по флюидным включениям и хлоритовому термометру отвечают Температуры формирования метасоматитов, оцененные по хлоритовому термометру составляют 260-365°C. Полная гомогенизация флюидных включений в кварце, кальците и флюорит происходит при температурах от 135 до 358 °С, а концентрация солей изменяется от 0.3 до 2.0 мас. %-экв. NaCl. Плотность флюида 0.56 до 0.94 г/см³. Давление оценено как давление насыщенного пара воды. Давление изменялось от 170 до 50 бар при температурах 263-358 °С [4].

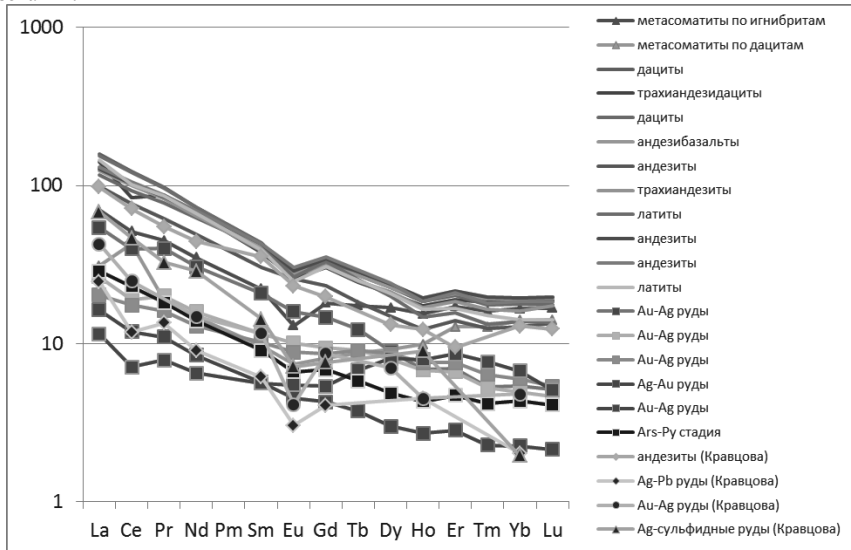
Распределение редкоземельных элементов в главных типах пород, в том числе метасоматически преобразованных, были получены в работе [3]. В данной работе были проанализированы 5 наиболее представительных проб из выборки штучных проб, отобранных на участке Капелька и на проявлении Кайпучеем, где установлена пирит-арсенопиритовая стадия. Пробы были разложены, по методике, описанной в работе [5].

Суммарная концентрация редкоземельных элементов рудных образованиях составляет 18 – 66 ppm (г/т), что несколько ниже, чем неизменённых породах от 118 до 182 г/т, и соответствует уровню концентраций в метасоматически измененных породах 53-82 г/т.

Для сопоставления концентрации были нормированы на содержания в углистых хондритах [6]. Диапазон нормированных концентраций редкоземельных элементов в рудах совпадает с уровнем концентраций, установленных в метасоматических образованиях (см. рис.). Для сопоставления на диаграмме приводятся данные, полученные для золото-серебряных месторождений Северо-Востока, а так же андезиты ОЧВП [7]. В рудных пробах отсутствует или слабо выражен европиевый минимум ($(Eu/Eu^*)_n$ 0,8-1). Наиболее глубокий европиевый минимум установлен в измененных вулканитах 0,6, тогда как для слабоизмененных пород европиевый минимум выражен слабо ($(Eu/Eu^*)_n$ - 0,7-1).

$(La/Lu)_n$ принимает значение в рудных пробах 2,3-10,6, в метасоматически измененных вулканитах от 2,2 - 4,2, в слабоизмененных породах 5,1-11,3.

В работе Кравцовой приводятся группы рудных объектов Северо-Востока России. По характеру распределения редкоземельных элементов данные по Утвеевской площади попадают в диапазон значений, характерных для золото-серебряных, серебро-полиметаллических руд, что не противоречит минералогическому составу рудных образований.



Литература:

1. Журавлев Г.Ф. Отчет о групповой геологической съемке и проведении геохимических поисков в бассейнах рек Пучевеи-Лелювеи. Певек, 1984, 614с.
2. Бугаев И.А., Калько И.А., Филимонов С.В., Власов Е.А. Новые данные по геохимии, минералогии и оруденению на Утвеевской перспективной площади // В сборнике Новые идеи в науках о Земле. XI Международная конференция, Москва, 2013, том 1, с. 293-296.
3. Kalko I., Bychkov D., Nikolaeva I., Prokofyev V., Sidorina Yu. Rare earth elements distribution in rocks of the Ugatkin paleo caldera (Chukchi District, Russia) // SGEM2015 Conference Proceedings, Sofia, Bulgaria, 2015 v. 1, pp. 411-418.
4. Vlasov E.A., Gramenitskaya P.N., Kalko I.A., Nikolaev Yu N., Usenko V.V. Mineralogy and geochemistry of the Kapelka gold-silver prospect (Western Chukotka) (in russian) // Conference Proceedings VII International Symposium Mineral Diversity Research And Preservation, Sofia, Bulgaria, 2014, pp. 65-67.
5. Бычкова Я.В., Сеницын М.Ю., Петренко Д.Б., Николаева И.Ю., Бугаев И.А., Бычков А.Ю. Методические особенности многоэлементного анализа горных пород методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология, 2016, № 6, с. 56-63.
6. Anders, E.; Grevesse, N. Abundances of the elements - Meteoritic and solar // Geochimica et Cosmochimica Acta, Netherlands, vol. 53, pp. 197-214, 1989.
7. Кравцова Р.Г., Алмаз Я.А. Редкоземельные элементы в рудах эпitherмальных золото-серебряных и серебряных месторождений (Северо-Восток России) // Геохимия, 2006, № 12, с. 1338-1344.

ФОСФОРЕСЦЕНЦИЯ ВТОРИЧНЫХ КАЛЬЦИТОВ НАКЫНСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ

Д.Н. Колганов

Научный руководитель профессор П.А. Игнатов

kolganov2016@yandex.ru

МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

В Накынском кимберлитовом поле Якутии известны месторождения алмазных кимберлитовых трубок Ботуобинская и Нюрбинская, дайкового тела Майское и ряд рудопоявлений [1]. Кимберлиты прорывают терригенно-карбонатные морские толщи рифея, венда, кембрия и ордовика и перекрываются юрской терригенной толщей прибрежно-морских отложений [2]. Кимберлиты прорывают силлы и дайки траппов среднего палеозоя и сами прорываются эруптивными брекчиями базальтов [4]. В карбонатных породах нижнего палеозоя широко распространены разновозрастные полигенные прожилки и друзы кальцита.

В ряде работ проанализирована фотолюминесценция (ФЛ) таких кальцитов [3 и др.]. Установлено, что кальциты с красной ФЛ, обусловленной примесью более 1000 г/т Mn^{2+} , сопровождают магматические образования Накынского поля. Кальциты с синей и голубой ФЛ, вероятно, связанной с примесью редких земель, отражают глубинный флюидный магматизм. Совмещение ореолов кальцитов с синей и красной ФЛ маркируют участки, включающие кимберлиты Накынского поля [3]. Помимо фотолюминесценции, отмечалось явление фосфоресценции, главным образом, оно сопровождало белую, красную, оранжевую, желтую и синюю ФЛ.

Автор определил качественную ФЛ в 2097 образцах кальцитовых друз и прожилков, которая анализировалась на приборе ОИ-18 с лампой СВД-120 и фильтром УФС-2. Фосфоресценция отмечена в 686 друзах и 733 прожилках.

Установлено обратное соотношение в прожилках и друзах цветов фотолюминесценции и фосфоресценции. Из прожилков с красной фотолюминесценцией 64% имеют красное послесвечение, а друзы с такой же ФЛ - 36%. Напротив, 35% прожилков и 65% друз с синей ФЛ имеют красное послесвечение. Похожее соотношение характеризует послесвечение кальцитов с оранжевой и синей ФЛ. Синее послесвечение определено исключительно в прожилковых выделениях кальцитов, имеющих синюю ФЛ.

Наибольшее количество послесвечения установлено в кальцитах с белой ФЛ, меньше с красной, оранжевой, желтой и синей. Интенсивный белый цвет ФЛ может включать разные цвета фотолюминесценции, прежде всего синий [3]. Из выборки кальцитов, обладающих красной ФЛ (113 шт.), проб с красным послесвечением оказалось 33, а с синим 20 (таблица, рисунок).

Фосфоресценция кальцитовых прожилков и друз с разной фотолюминесценцией

Цвет фотолюминесценции, в скобках число образцов	Цвет фосфоресценции в образцах разной формы							
	Белый		Желтый		Красный		Синий	
	Прожилок	Друза	Прожилок	Друза	Прожилок	Друза	Прожилок	Друза
Красный (113)	-	1	-	-	21	12	-	-
Оранжевый (104)	3	1	-	1	6	13	-	-
Желтый (135)	5	1	11	-	11	11	-	-
Синий (39)	2	2	-	-	7	13	1	-
Белый (732)	130	154	2	3	58	86	3	-

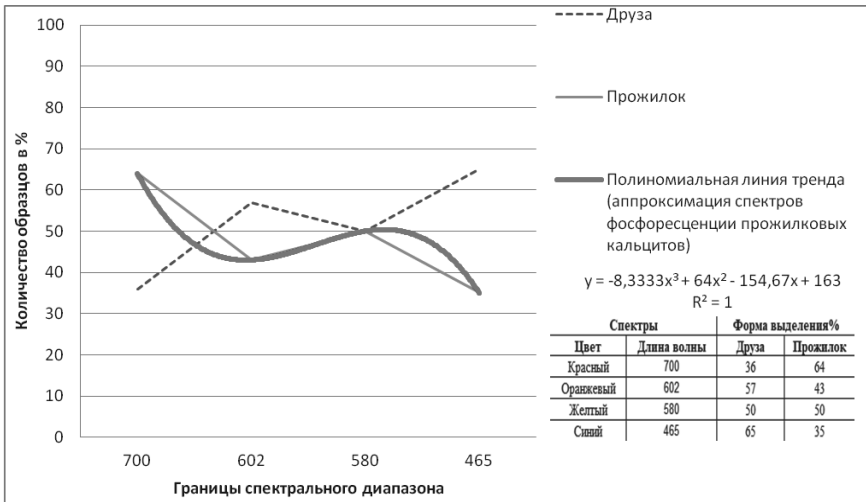


Рис. 1

Соотношения красной фосфоресценции в кальцитах из друз и прожилков с разной ФЛ в%.

Эти соотношения, по-видимому, отражают разные источники углекислоты и механизмы кристаллизации кальцита.

Суммарно выборка составила 98 образцов, на графике указаны средние значения границ видимых спектров [5] и процентное количество образцов друзовой или прожилковой минерализации по каждому спектру. По графику прожилковых форм минерализации построена полиномиальная линия тренда, выведена функция, отражающая зависимость распределения спектров фосфоресценции кальцитовых прожилков.

Литература

1. Костровицкий С.И., Специус З.В., Яковлев Д.А., Фон-дер-Флаас Г.С., Суворова Л.Ф., Богуш И.Н. Атлас коренных месторождений алмазов Якутской кимберлитовой провинции. Отв. редактор акад. Н.П. Похиленко. НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). Мирный: ООО «МГТ». 2015.
2. Никулин И.И., Савко А.Д. Литология алмазоносных нижнеюрских отложений Накынского кимберлитового поля (Западная Якутия). Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2009.
3. Шмонов А. М. Геолого-структурные и минералого-геохимические признаки, присущие алмазоносным кимберлитовым телам дайково-жильного типа (на примере Накынского кимберлитового поля Якутии). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва, МГРИ-РГГРУ. 2014.
4. П.А. Игнатов, К.В. Новиков, Н.Р. Зарипов и др. Комплекс нетрадиционных поисковых признаков коренных месторождений алмазов, используемый на закрытых территориях. Смирновский сборник 2017. Фонд им. акад. В.И.Смирнова. Москва. 2017.
5. Справочник конструктора опико-механических приборов. Ред. В.А. Панов. Ленинград «Машиностроение» 1980г. Стр. 8.

О СТРАТЕГИИ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОТЕРОЗОЙСКОГО ГАББРОДОЛЕРИТОВОГО МАГМАТИЗМА КАРЕЛИИ НА ПРИМЕРЕ ИНТРУЗИВА МОТКО

Коневин К.А.

KonevinKA@polymetal.ru, ООО «Индустрия», г. Петрозаводск, Россия

Протерозойский габбродолеритовый магматизм Карелии представлен дайково-силловыми интрузиями четырех возрастных групп – от сариолия (~2310 млн лет) до вепся (1770-1750 млн лет). Из них в металлогеническом аспекте интерес представляют высокожелезистые и высокотитанистые интрузии сариолия-людиковия. По предварительным данным [1] платиноносными являются только Ti-Fe-габбродолериты людиковийского возраста (~1,98 млрд лет) – Пудожгорский магматический комплекс (месторождения Пудожгорское, Викаша и др.), к которому относится и интрузия Мотко, расположенная в Центральной Карелии.

По данным буровых работ интрузия в структурном плане представляет собой силлообразное тело мощностью более 350 м с углами падения от 30° в его юго-восточной части до 50° в северо-восточной. Его соотношения с вмещающими метасадочными породами янгозерской свиты ятулия, варьирующими по составу от конгломератов до сливных кварцитов, с большей долей вероятности свидетельствуют о людиковийском возрасте интрузии Мотко и соответственно о ее потенциальной платиноносности. Площадь выхода интрузии на современном эрозионном срезе составляет около 30 км². В магнитном поле, по результатам аэромагниторазведки [2] и наземной площадной профильной магниторазведки 1:20 000 масштаба [3], выходы интрузии контрастно выделяются в виде положительных магнитных аномалий интенсивностью до 2500-3000 Нтл при уровне нормального магнитного поля 53300 Нтл. [3] Магнитные аномалии имеют меридиональное простираие и протяженность более 15 км.

Породы интрузии дифференцированы на петрографо-структурном уровне - от мелкозернистых в подошве, до средне-крупнозернистых разностей в кровле интрузии, а по составу - от метагаббродолеритов до габбродиоритов. Рассеянная сульфидная минерализация (пирит, пирротин, халькопирит, борнит?) характерна для габброидов и не превышает 1%. По результатам спектрометрии в единичных пробах аномальные содержания меди достигают 1,3%.

Буровыми скважинами рудовмещающие габбродолериты вскрыты на мощность более 200 м. Рудный титаномагнетитовый горизонт залегает в 25-60 м от подошвы интрузии и приурочен к контакту габбро (с/з, магнитного от 50 до 90 ед. СИ с пиритом и халькопиритом - 1%) с габбродолеритами (серого до темно-серого цвета с/м/з, каппа > 40 ед. СИ; пирит-халькопиритовая минерализация менее 1%). По разрезу интрузии отмечается амфиболитизация, умеренная хлоритизация, слабая эпидотизация, кварц-карбонатное и хлорит-эпидот-кварцевое прожилкование, единичные прожилки пирита мощностью до 5 см, что, в совокупности, вероятно, указывает на высокие концентрации летучих, в том числе галоидов и воды, в исходном расплаве.

По данным пробирного анализа керновых проб (ООО «Стюарт Геокемикл Энд Эссей» г. Москва) и ICP- AES на 37 элементов (АО «Иргидмет» г. Иркутск) зафиксирована минерализованная зона с повышенным содержанием Pt и Pd (>0,07 г/т); Fe, ICP >9.0%; Ti, ICP >0,6%; V, ICP >0,03%; Cu, ICP >0,05%. Мощность зоны до 7 м, прослежена по простираию единичными буровыми профилями на протяжении более 3 км. Рудный горизонт представлен темно-серыми, массивными, м/з, меланократовыми габбродолеритами с пирит-халькопиритовой (до 3%) и титаномагнетитовой (до 20%) минерализацией. Размер рудных вкраплений не более 1 мм. Показание магнитной восприимчивости от 180 до 369 ед. СИ. Содержание суммы благородных металлов в единичных штучных пробах достигают 2 г/т. Лучшие пересечения в пересчете на эквивалент палладия (Pd_v), рассчитанный по формуле: Pd_v = Pd(г/т) + Pt(г/т) * 1,77 + Au(г/т) * 2,35 + Cu (%) * 2,8, являются 1,53 г/т на 1 м

(скв.110) и 1,29 г/т на 3 м (скв. 104).

Методами оптической минераграфии минеральные фазы благородных металлов не установлены, что обусловлено, вероятно, их микроразмерностью и нуждается в заверке микронзондовыми определениями. Однако, судя по положительной корреляции содержаний платиноидов с Bi, Te, Ni, можно ожидать присутствие минералов системы Pt,Pd-Bi-Te и Pt,Pd-содержащего мелонита.

Таблица. Результаты пробирного анализа штучных проб

Номер пробы	Au PA, г/т	Pt PA, г/т	Pd PA, г/т	Cu ICP, %	Каппа, ед. СИ
M235601801	0	0.55	0.54	0.010	240
M235934004	0.17	0.51	1.24	0.008	260
M235934005	0.04	0.63	0.56	0.010	280
M235934008	0	0.43	1.02	0.014	190
M235934302	0	0.18	0.44	0.010	260
M235656001	0	0.43	0.52	0.004	176

Таким образом, исходя из результатов изучения платинометалльных проявлений интрузии Мотко и полученных ранее [1, 4] данных по рудоносности Пудожгорского и Койкарского силлов, стратегия металлогенических исследований протерозойского габродолеритового магматизма на территории Карелии заключается в сочетании региональных геолого-геофизических исследований с локальными на перспективных участках, сопровождающимися детальным минерало-петрографическим и геохимическим изучением разреза интрузий с определением степени их дифференцированности и выделением позднего парагенезиса, ассоциирующего с благороднометалльным оруденением. По геологическим соотношениям и геохронологическим данным отбираются габродолеритовые интрузии лодиковийского возраста (~1,98-2,0 млрд лет). Из них к потенциально рудоносным относятся пологозалегающие силлоподобные интрузии мощностью не менее 150-200 м, что является непременным условием для проявления в их объеме процессов дифференциации, приводящих к формированию рудных титаномагнетитовых горизонтов. По данным среднемасштабной магниторазведки в их пределах локализируются аномальные участки (2500-3000 Нтл и более). Детальными петрографическими и минерало-геохимическими исследованиями рудного горизонта и прилегающих к нему минерализованных зон определяется степень аутометасоматических преобразований габродолеритов, выражающаяся в формировании позднего парагенезиса - амфибол±биотит±хлорит±ильменит-II, темноцветные минералы которого характеризуются высокой железистостью (амфибол – Fe-Cl-актинолит, Cl-феррочермакит, биотит - f = 0,70-0,75, хлорит – f = 0,65-0,75) и стабильно высокими содержаниями хлора – амфибол (~1,0%), биотит (~2,0%). Высокожелезистые минеральные ассоциации сопровождаются выделением сульфидов (наиболее благоприятный признак – халькопирит, борнит) и благороднометалльной минерализацией.

Литература

1. *Иващенко В.И., Голубев А.И.* Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. Петрозаводск. КарНЦ РАН, 2011. 368 с.
2. *Баранов В. Н.* Результаты опережающей комплексной АГСМЭ-съемки масштаба 1:25000 в пределах северной части Карельского перешейка и Северного Приладожья в 1991-1995 годах. 1995. 263 с. Росгеолфонд.
3. *Кузовенков А.Д.* Отчет «Выполнение наземных геофизических работ на лицензионной площади Мотко». СПб.: 2016. 35 с.
4. *Трофимов Н.Н., Голубев А.И.* Пудожгорское благороднометалльное титаномагнетитовое месторождение. Петрозаводск. КарНЦ РАН, 2008. 120 с.

ЩЕЛОЧНО-ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ РУДНЫХ ПОЛЕЙ КЕНДЫКТАС - ЧУ-ИЛИ - БЕТПАКДАЛИНСКОЙ УРАНОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ И ЕГО ВОЗРАСТ (ЮЖНЫЙ КАЗАХСТАН)

Малютин С.А.

geopisk2013@yandex.ru

МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Кендыктас-Чу-Или-Бетпақдалинская провинция, охватывающая территорию Чуйского поднятия, Кендыктасских и Чу-Илийских гор, относится к каледонской складчатой области, активизированной в позднем палеозое. Она характеризуется чрезвычайно сложным геологическим строением, в котором участвуют блоки докембрийских метаморфических пород, осадочные и вулканогенно-осадочные отложения кембрия, ордовика, силура и девона, перекрытые толщами терригенных и карбонатных пород наложенных впадин верхнего девона и карбона. Магматизм провинции представлен крупными гранитодными массивами, большая часть которых считается девонскими.

Месторождения урана, к настоящему времени отработанные или законсервированные, в большинстве случаев приурочены к девонским вулканическим сооружениям. В строении сооружений, наряду с кислыми вулканитами покровной, экструзивной и субвулканической фаций, участвуют тела щелочных гранит-порфиров, граносиенитов и щелочных гранитов, считающиеся также девонскими, и дорудные дайки диабазовых и диоритовых порфиритов. Возраст даек и оруденения принимается позднедевонским - раннекарбонным.

В последние годы были получены новые данные о возрастных соотношениях гранитов различных фаз между собой и с осадочными отложениями D_3-C_1 . Е.А. Виноградова пришла к выводу о полихронности большинства массивов и предприняла попытку расчленения интрузивных пород на разновозрастные магматические комплексы [1]. В ее схеме фанерозойского магматизма Чу-Илийских гор фигурируют более 20 магматических комплексов, в том числе дайковых регионального распространения, возникших после внедрения нормальных биотитовых гранитов желтауского комплекса D_3 и охватывающих интервал пермь - юра. Среди них наибольший интерес представляет алатагыльский граносиенит-щелочногранитный комплекс, породы которого участвуют в строении рудоносных вулканических сооружений. Этот комплекс хорошо сопоставляется с позднепалеозойским талгаро-кескеленским граносиенит-щелочногранитным комплексом Северного Тянь-Шаня, который В.В. Ярмолюк, вместе с бимодальной трахибазальт-комендитовой формацией Кетменского хребта, связывает с Гоби-Тяньшанской ветвью позднепалеозойской континентально-рифтогенной системы Центральной Азии [5].

На площади старейшего в Казахстане Курдайского урановорудного района, расположенного в горах Кендыктас, известны массивы Кара-Куруз и Водораздельный, сложенные сиенитами, граносиенитами и щелочными гранитами. Курдайское месторождение, приуроченное к экструзивно-субвулканическим телам фельзит-порфиров, предположительно, девонского возраста, возникло после внедрения трещинных интрузий кварцевых диоритов карасуйского комплекса C_{2-3} , более молодых тел граносиенитов, даек диоритовых и диабазовых порфиритов и является позднепалеозойским [3].

Месторождение Каратал, расположенное в пределах Чуйского поднятия, приурочено к вулcano-тектонической структуре центрального типа. В его строении принимают участие покровы кислых эффузивов D_{1-2} и экструзивно-субвулканические тела комендитов и щелочных гранит-порфиров. Возраст щелочных пород считается девонским на основании наличия обильной гальки свежих и измененных кислых вулканитов в конгломератах франского яруса. Однако макроскопически отличить риолиты от комендитов в гальке практически невозможно, поэтому возраст щелочных пород нельзя считать доказанным. Возможно, они являются позднепалеозойскими. Гидротермальная минерализация здесь развивалась в три этапа. В ранний этап возникли зоны вторичных кварцитов, распространенные среди вулканитов девона. В комендитах и щелочных гранит-порфирах наблюдается калишпатизация, альбитизация и своеобразные Fe-Mg - метасоматиты с

повышенными концентрациями Zr, Nb, Th, U и TR [4] среднего этапа. К позднему этапу, проявившемуся после внедрения наиболее молодых даек основного состава, относятся березиты и U-Mo оруденение. Похожая трехэтапная минерализация характерна для урановых рудопроявлений С-3 Чингиза, приуроченных к девонским вулканическим сооружениям, в строение которых участвуют экструзивно-субвулканические тела комендитов позднего палеозоя [2].

В Чу-Илийских горах щелочные гранитоиды встречаются в Ботабурумском рудном поле и в пределах Кызылсайского рудного узла.

На площади Ботабурумского месторождения, локализованного в девонской вулканической постройке, известны тела граносиенитов, а также дайки наиболее молодых диоритовых и диабазовых порфиритов [3]. Граносиениты могут быть связаны с расположенным по соседству Аксуекским щелочным массивом позднепалеозойского возраста, однако этот вопрос остается не изученным.

Месторождения Кызылсайского рудного узла расположены в пределах крупного Карасайского вулканического сооружения центрального типа, сложеного эффузивами и субвулканическими телами D₂₋₃. Сооружение осложнено кальдерой и кольцевыми разломами. К одному из кольцевых разломов в северном обрамлении кальдеры приурочен массив рибекитовых гранитов (Карасайский), имеющий дугообразную форму, параллельную контурам кальдеры. Протяженность интрузива достигает 10 км, а ширина 300 м. Возраст его считается позднедевонским, однако принадлежность к алатагылскому комплексу более вероятна, так как вблизи северо-западного фланга сооружения среди гранитов Жельтауского комплекса D₃ находится еще один массив щелочных гранитов - Алатагылский, считающийся позднепалеозойским. Одна группа месторождений (Кияхтинское, Участок II) и рудопроявлений располагается в непосредственной близости от Карасайского массива рибекитовых гранитов. Зоны березитов, возникшие после даек диабазовых и диоритовых порфиритов, наложены и на рибекитовые граниты. Гидротермальная минерализация, связанная с самим массивом не изучена, но для первичных геохимических ореолов этой площади характерны аномальные значения Zr, Nb, Be и TR, типичные для метасоматитов, ассоциирующихся со щелочными гранитами. Другая группа месторождений (Тыркинское, Джерри, Алатагыл и др.) располагается рядом с Алатагылским массивом щелочных гранитов, однако возрастные соотношения уранового оруденения с ним не выяснены.

Возраст щелочных пород и их соотношение с урановым оруденением необходимо подтвердить результатами дополнительных исследований. Определение возраста щелочных пород и урановых месторождений, а также доказанность их связи с Гоби-Тяньшанской ветвью позднепалеозойской континентально-рифтогенной системы Центральной Азии позволит скорректировать представления о генезисе руд, уточнить поисковые критерии оруденения и предложить новые направления дальнейших поисковых работ.

Литература

1. Виноградова Е.А. Фанерозойский интрузивный магматизм Центрального Казахстана и Бетпак-Дала-Шу-Илийского региона // Горно-геологический журнал. 2009. №3-4. С. 8-25. (Республика Казахстан)
2. Малютин С.А. Позднепалеозойские вулкано-плутонические ассоциации северо-запада Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория и оруденение // Известия вузов. Геология и разведка. 2013. №6. С. 13-24.
3. Справочник месторождений Казахстана. 2017. Электронная версия (<http://info.geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazakhstanata/tverdye-poleznye-iskopaemye>)
4. Шувалов С.Я. Эйфельские субвулканические и субинтрузивные образования Бетпак-Далы. Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Казахстана. Алма-Ата.: Изд-во «Наука». 1971. Вып. 4 (29). С.176 - 184.
5. Ярмолюк В.В. Позднепалеозойский вулканизм континентальных рифтогенных структур Центральной Азии. М.: Изд-во «Наука». 1983. 298 с.

ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ РАЙОНА ХАМАМА, ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНИ ЕГИПТА

Махмуд А.Ш., Дьяконов В.В.

halim.geologist@mail.ru, МГРИ-ПГГРУ, Москва, Россия

Золоторудные месторождения Египта сосредоточены в основном в пределах Нубийско-Аравийского щита. Известно около 100 месторождений и проявлений, относимых главным образом к золото-кварцевой формации. Нашими исследованиями охвачена территория рудного поля Хамама, расположенное в центральной части Восточной Пустыни (Сахара-эш-Шаркия) Египта. Его площадь определяется координатами $26^{\circ} 19' - 26^{\circ} 23'$ с.ш. и $33^{\circ} 17' - 33^{\circ} 23'$ в.д. Первые планомерные геологические исследования были выполнены в 1977 году командой Египетского управления по геологическим исследованиям и горным проектам с экспертами СССР [3]. Минерализация Хамама относится к вкраплено-прожилковой сульфидной золотосеребряной формации.

В геологическом строении территории принимают участие вулканогенные породы неопротерозойской серии. Ведущее место занимают базальтовые пиллоу лавы, в меньшем объеме представлены кислые лавы и их туфы, метаморфизованные до верхней зеленосланцевой фации. Эффузивные породы прорваны многочисленными риолитовыми дайками и телами гранитоидной серии. Территория разбита на тектонические блоки, претерпевшие разноамплитудные вертикальные перемещения по серии дизъюнктивных нарушений. Определяющими являются разломы Красноморского направления и перпендикулярные к нему. Меньшей амплитудностью обладают разломы сопряженные к первым двум направлениям.

В пределах рассматриваемой территории основные геологоразведочные работы сосредоточены на рудном поле Хамама осуществляемые компанией (Aton Resources). Минерализация приурочена к зоне крупного разлома северо-восточного простирания (перпендикулярно к рифту Красного моря). По зоне разлома приведены в соприкосновение пиллоу лавы базальтов северо-западного блока с пирокластическими отложениями основного состава юго-восточного блока. Зона разлома выполнена телами и дайками риолитового состава и мощными кварц-карбонатными жилами. Последние, рассматриваются в качестве продуктов гидротермальной деятельности. Эти жилы крутопадающие, прослеживаются в зоне разлома на сотни метров, зоны сульфидной минерализации, с мощностью до 350 м.

Минерализация делится на три основной зоны; Хамама Западная, Хамама Центральная и Хамама Восточная. Западная Зона это главная зона и прослеживается на поверхности более 3000 м. Эта зона содержит значительное золото-серебряное оруденение. Промышленно значимое золотое оруденение накапливается в приповерхностной зоне окисления - Золото-железной шляпе (самый высокий класс золота), на глубине сменяющейся золото-сульфидной минерализацией. Сульфидная минерализация связывается со смешиванием восходящих, по зоне разлома, горячих рассолов (гидротерм) с холодной морской водой.

Геофизическая съемка выявила сильные магнитные аномалии под железной шляпой. Неокисленные глубокие сульфидные руды в районе Хамама локализованы в пачке мраморизованных кварц-карбонатов и в верхней части толщи железистых глин и карбонатов. По текстуре выделяют массивные и пятнистые руды, с преобладанием сульфидных минералов, а также прожилковые, вкрапленные и полосчатые, Рудные тело в виде штокверковых зон

брекчирования. Объем сульфидной минерализации, в кернах скважин, составляет от 5% и более 70%. Главными сульфидными минералами являются пирит, халькопирит и сфалерит, второстепенными – галенит, ковеллин, рутил и очень мелких примесей киновари. Нерудные минералы представлены, в основном, доломитом (основного карбонатного минерала) кальцитом, кварцем, баритом, хлоритом с небольшим количеством калиевого полевого шпата и граната (пиропса).

Минерализация на поверхности глубоко выветренная (окисления) имеет специфическое строение. В строении зоны окисления месторождения Хамама выделены несколько подзон сверху вниз: полного окисления «железная шляпа» и выщелачивания (пиритовые, кварц-пиритовые, пирит-доломитовые, доломитовые сыпучки с прослоями тальцитов) и вторичного обогащения [1]. Руды на поверхности месторождения характеризуется рыхлой текстурой, обусловленной процессами гипергенного выщелачивания и иногда сохраняются фрагменты «губок» пиритового и сфалерит-пиритового состава.

Низкотемпературные гидротермальные растворы и гипергенные процессы, повлияли на района, что привело к повсеместному распространению вторичных медных минералов и обогащению золота по сравнению с выщелоченными основными металлами, особенно Zn [4]. Эти широко распространены гидротермально измененные зоны имеют тенденцию к северо-восточному направлению [2].

По содержанию золота и редких металлов (годовые отчеты 2011 и 2012 по Alexander Nubia), по результатам бурения 11 скважин (1,185 м) на восточной зоне установлено: 0,81 г / т Au, 16,2 г / т Ag и 4,71% Zn в 16 м. Западная зона показывает наилучшие результаты. По 14 скважинам (1,450 м), в основном ориентированных на выявления перспектив минералогности 650 метровой железной шляпы, были получены средние данные анализов 2,05 г / т Au и 44,7 г / т Ag.

Список литературы

1. Смирнов С.С., Зона окисления сульфидных месторождений//М.; Л.: Изд. АН СССР, 1955, 332 с.
2. Abdelkareem M. and El-Baz F., Characterizing hydrothermal alteration zones in Hamama area in the central Eastern Desert of Egypt by remotely sensed data// Geocarto International, 2017.
3. Abdel Nabi A, Aboul Wafa N, El Hawaary M.A, Sabet A.H, et al., Results of prospecting for gold and rare metals in Wadis Safaga, El Barrud, El Marah and Hamama// Internal Report of the Geological Survey of Egypt, 24, 1977.
4. Abd El-Rahman Y., Surour A. A., El-Manawi A. H. W., El-DougDoug A. A., Omar S., Regional setting and characteristics of the Neoproterozoic Wadi Hamama Zn–Cu–Ag–Au prospect: evidence for an intra-oceanic island arc-hosted volcanogenic hydrothermal system// Int J Earth Sci (Geol Rundsch), 2015, 104:625–644.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ ОРУДЕНЕНИЯ КВАРЦ-СУЛЬФИДНО-ЗОЛОТОРУДНОЙ ФОРМАЦИИ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА

Мирусманов М.А., Адилханов К.Х.

mmirusmanov@mail.ru, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент,
Узбекистан

Основные поисково-оценочные признаки, которые могут быть использованы для поисков и обнаружения новых золоторудных проявлений кварц-сульфидно-золоторудной формации Южного Узбекистана, основанные на значительном фактическом материале с учетом особенностей геологического строения и минералого-геохимических особенностей объектов кварц-сульфидно-золоторудной формации выделены в результате исследований авторов и других исследователей. В целом выявлены следующие поисково-оценочные признаки: стратиграфо-литологические; структурные; гидротермально-метасоматические; минералого-геохимические и геофизические. Из перечисленных наиболее детально изучены авторами минералого-геохимические признаки.

При выявлении минералого-геохимических признаков основное внимание уделено выявлению типоморфных особенностей, которые могут быть использованы для оценки потенциальной золотоносности, установления генетического типа и условий формирования рудопроявлений.

Основными продуктивными ассоциациями на рудопроявлениях Мачетлинских гор являются кварц-пирит-арсенопирит-золоторудная и кварц-полисульфидно-золоторудная, а на рудопроявлениях Западно-Чакылкалянского рудного поля кварц-пирит-арсенопирит-золоторудная и кварц-пирит-полиметаллически-золоторудная стадии минерализации [1].

Типоморфными минералами рудоносных зон являются самородное золото, сульфиды (пирит, арсенопирит, блеклая руда и др.) и кварц, а в зоне окисления гидроокислы железа и кварц.

Основными типоморфными минералами-носителями и концентраторами золота в первичных рудах являются на рудопроявлениях Мачетлинских гор пирит, арсенопирит, блеклая руда, джемсонит, сфалерит и кварц, в рудопроявлении Кызылтурк – пирит, арсенопирит и кварц. В зоне гипергенеза в рудопроявлениях этой формации основными носителями золота являются гидроокислы железа.

В типоморфных золотосодержащих минеральных ассоциациях выявляется золото субмикроскопическое, синхронное с ранним арсенопиритом, пиритом и свободное, микроскопически видимое, рассеянное в сульфидах и нерудных минералах.

Основными типоморфными особенностями самородного золота являются пробность, форма и размеры скоплений, ассоциации с другими минералами.

Пробность гипогенного золота относительно низкая по сравнению с гипергенной. В гипогенном процессе золото ранней продуктивной стадии более высокопробно по сравнению с поздней продуктивной.

Гипогенное золото отличается более мелкими пылеватыми размерами частиц при сравнении с гипергенным золотом.

Гипогенное самородное золото характеризуется интерстициальными формами выделений, а гипергенное комковатой и пластинчато-блоковой формами выделения с присутствием скелетных кристаллов кубооктаэдрической формы с колломорфно-микроструктурной и дедритовидной микроструктурой [1].

В продуктивных минеральных ассоциациях, с пиритом всегда связано золото, поэтому выявление типоморфных особенностей пирита, их продуктивных минеральных ассоциаций явилось в то же время и разработкой поисковых критериев на золотое оруденение. Основными типоморфными особенностями пирита являются кристалломорфология зерен, элементы примеси, ассоциации с минералами.

Существует определенная зависимость морфологического облика кристаллов пирита от внутреннего их строения и соответственно содержания в них золота, которое отмечено и на других золоторудных месторождениях[3,4]. В связи с этим предлагается использовать особенности морфологического строения пиритов, являющегося их единственным зрительно осязанным свойством, как один из основных элементов локального контроля оруденения.

Повышенные количества мышьяка в пиритах можно использовать в качестве поисковых критериев на золотое оруденение, так как в пиритах продуктивных стадий резко повышается количество мышьяка одновременно с золотом.

Продуктивный пирит ассоциирует в основном с рудными минералами, такими как арсенопирит, блеклая руда, джемсонит и др. Наиболее ранние сульфидные ассоциации обогащены золотом. К концу гидротермального процесса минералообразования золото-сульфидных месторождений, в период отложения свинцово-цинковых ассоциаций, количество золота значительно уменьшается при резком увеличении серебра. Меняется также и вещественный состав золота в сторону понижения пробы, что отмечено и на других месторождениях[3].

Перспективными на обнаружение золотого оруденения являются повышенные концентрации в породах Au, Ag, Sb, As, Bi и наличие золотоносного пирита, которые характерны и отмечены на других месторождениях мира[2] и Узбекистана.

В группу минеральных индикаторов относятся своеобразные проявления продуктов динамометаморфизма. Минеральные индикаторы динамометаморфизма образуют локальные орозоли, тяготеющие к участкам максимального сжатия. Такие участки пространственно совпадают с проявлениями золоторудной минерализации.

Среди многообразных проявлений кварца в рудопоявлении Кызылтурук выделяются единичные прожилки, системы прожилков и линейные штокверки, выполняющие сколовые трещины СЗ простираения. Такие сколы развиваются как правило, в узловых позициях пересечений разрывных нарушений СВ и субширотного направлений и для этих разрывов являются оперяющими. Прожилки кварца СЗ простираения безрудные, но они фиксируют тектонические узлы, наиболее благоприятные для локализации оруденения.

Основными типоморфными особенностями рудного кварца являются ассоциации с минералами, декрипитационная активность и элементы примеси. Рудный кварц характеризуется присутствием вкрапленности рудных минералов в первичных рудах, а в зоне окисления, интенсивным ожелезнением и местами с пустотами выщелачивания за счет сульфидов. Имеет высокую декрипитационную активность в интервале температур 230-260°C с пиком импульсов и характерной конфигурацией. По результатам пробирного и спектрального анализов присутствием золота и серебра, а также высоким содержанием сопутствующих золоту элементов.

На рудопоявлениях кварц-сульфидно-золоторудной формации для золота намечается более тесная связь с сернистыми соединениями Fe, Ag, As, Cu, Sb, Bi, Pb, Zn. Участки, обогащенные пиритом, арсенопиритом, блеклой рудой, джемсонитом, сфалеритом как правило, обогащены золотом. Такая связь отмечена и на других месторождениях Узбекистана и мира[2,4]. Индикаторами оруденения, судя по результатам проведенных исследований, могут служить повышенные концентрации Ag, As, Bi, Cu, Sb, Pb, Zn.

Литература

1. *Мирусманов М.А.* Минералого-геохимические особенности золотого оруденения месторождения Широкий (Южный Узбекистан). Геология и минеральные ресурсы. Научно-практический журнал. №4, 2015. С.20-26.
2. *Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра, 1988. – 286 с.
3. *Петровская Н.В.* Самородное золото. М.: «Наука», 1973. – 348 с.
4. *Цой В.Д., Королева И.В., Мундузова М.А., Захидов А.Р.* Нетрадиционный апокарбонатный тип золотого оруденения Узбекистана. - Т.: ГП «НИИМР», 2011. - 174с.

Особенности структуры Многовершинного рудного поля (месторождения).

Морозова К.А., Петров В.А.

k.morozova@geo-sol.ru

ФГБУН ИГЕМ РАН, Москва, Россия

Многовершинное рудное поле расположено на стыке Амгунского и Горинского синклиналиев Сихотэ-Алинской складчатой области в пределах Улской вулканоплутонической структуры у северного окончания Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса.

Границами Многовершинного рудного поля являются крупные тектонические элементы. С севера и юга рудное поле ограничено Средне-Улским и Кулибинским широтными глубинными разломами, с северо-запада – Малахтинской тектонической депрессией, а с юго-востока – контактом Бекчи-Улского гранитоидного массива. [2]

Главной особенностью структуры рудного поля является четкое обособление нескольких рудных зон вдоль швов северо-восточного простирания ($45-55^\circ$), круто падающих на северо-запад. В настоящее время можно выделить 4 зоны: Главную, Промежточную, Медвежью, Салали.

В строение месторождения участвуют два структурных этажа: нижний складчатый фундамент, верхний сложная вулканическая постройка.

Палеоценовые вулканы, слагающие верхний структурный этаж, залегают на неровной поверхности осадочных отложений с резким угловым несогласием. Они имеют сложное строение и характеризуются сочетанием эффузивных, жерловых и субвулканических образований, являющихся частью крупной вулканической постройки. Последняя состоит из нескольких более мелких вулканических структур, которые развивались вдоль разломов северо-восточного простирания.

Рудный этап по времени совпадает с завершением процессов формирования вулканического комплекса. Разрывы северо-восточного простирания неоднократно подновлялись и использовались рудоносными растворами в качестве рудопроводящих и рудоконтролирующих структур. Наиболее интенсивно разрывы этого направления развивались либо в пределах жерловин, вблизи контакта их с осадочными породами фундамента, либо на границе разнородных по петрофизическим свойствам пород. [1]

Наибольшая степень приоткрывания разрывов отмечается в пределах линейных жерловин, в частности в эксплозивных туфах, чему вероятно, способствовало наличие интенсивной трещиноватости контракционного типа, а также геомеханические свойства эксплозивных туфов. В них в течение рудного этапа, наиболее полно протекали процессы метасоматического замещения и выполнение открытых полостей. Наиболее крупные тела локализуются среди жерловой фации, сложенных эксплозивными туфами, и контролируются крутопадающими разрывами северо-восточного простирания при падении рудных тел на северо-запад.

В рудных телах, локализующихся в пределах жерловых образований, отчетливо видны следы неоднократных подновлений тектонических трещин в течение рудного этапа. Параллельно лежащему блоку рудных тел отмечаются участки с брекчиевидными и полосчатыми текстурами руд. Обломки кварца ранних генераций цементируются более поздним колломорфным кварцем. Ориентировка прожилков кварца в рудных телах и околорудных кварц-серицитовых метасоматитах весьма разнообразна. [4]

Очевидно, подновление рудоконтролирующих разрывов каждый раз происходило на границах между кварцевыми телами и вмещающими породами. Призальбандовые участки рудных тел сложены продуктами поздних продуктивных стадий рудообразования. Наибольшие концентрации металла приурочены как к лежащим, так и к висячим бокам рудных тел.

Рудный этап развития структуры рудного поля охватывает весьма длительный период времени, в течение которого произошло становление крупного Бекчи-Улского интрузива, малых интрузивных тел гранодиорит-порфира, диоритовых порфиритов и целой серии даек кислого, среднего и основного состава. Процесс внедрения интрузива связан с усилением тектонической активности и характеризуется новым планом деформации с образованием разрывных структур, поперечных к рудным зонам.

Среди огромного количества поперечных разломов шесть являются наиболее крупными: Перевальный, Средний, Южный, Лево-Улский, Салалинский и Эватакский. Этими нарушениями рудные тела расчленены на отдельные сегменты, имеющие различные относительные уровни срезов геологических структур.

В целом послерудный этап развития структуры месторождения происходил на фоне растяжения земной коры, но в первые фазы становления интрузива в отдельных участках кровли его преобладали деформации сжатия, выраженные в образовании взбросов и взбросо-сдвигов. В пределах рудного поля наблюдается большое количество малых интрузий трещинного типа, которые сложены эоценовыми грано-диорит-порфирами.

Обобщая данные по структуре месторождения, можно сделать следующие выводы:

Многовершинное рудное поле представляет собой грабеноподобную золото концентрирующую структуру [3], четко ограниченную Средне-Улским и Кулибинским широтными разломами.

Промышленные золотоносные зоны месторождения приурочены к разрывам северо-восточного простирания, которые в дорудный этап служили магмовыводящими каналами при формировании вулканогенных образований.

В направлении с юго-востока на северо-запад отмечается погружение верхней границы промышленного оруденения, одновременно с увеличением эффузивных покровов и уменьшением роли жерловых фаций.

Структура рудного поля развивалась длительное время. Для пострудного этапа развития структуры месторождения характерен северо-западный план нарушений, которые контролировались дайками разного состава. Основные северо-западные разрывы разбивают площадь рудного поля на отдельные вытянутые блоки шириной от 1,2 до 2,0 км.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГЕМ РАН.

Литература

1. Исох З.П. и др. Позднемезозойские интрузии Центрального Сихотэ-Алиня в связь с ними оруденения. Москва 1957.
2. Красный Л.И. Тектоника В. Кн. «Геология СССР том. XIX. Москва . Недрa, 1966 г.
3. Хохлов Э.П. Геолого-структурное положение золоторудных месторождений северной части Восточно-Сихотэ-Алинского пояса. Автореф. канд. дисс., 1974.
4. Хохлов Э.П. и др. Геологическое строение и промышленная оценка Многовершинного золоторудного месторождения. П. Многовершинное 1980

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВИНЦОВО – ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАЙОНА ЧО-ДОН СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА

Нгуен З.Х., Игнатов П.А., Нгуен Ч.Тх
ndhung.tktd@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Район Чо-Дон расположен на северо-востоке Вьетнама в 180 км севернее столицы г. Ханой. В геологическом строении района принимают участие палеозойские терригенные и терригенно-карбонатные осадочные породы палеозойского возраста [1]. В них локализованы свинцово-цинковые месторождения, запасы которых составляет более 40% Вьетнама [2,3].

В рудном районе Чо Дон известны месторождения Ба-Бо, На-Тум, Лунг-Ванг, На-Боп, Ру-Шап. Руды этих месторождений имеют прожилково-вкрапленные, вкрапленные и реже массивные текстуры. Минеральный состав на всех месторождениях довольно однородный. Руды включают сфалерит, галенит, пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит, более редкие тетраэдрит, станин, касситерит, самородный висмут и монацит.

Сфалерит является главным промышленным рудным минералом и диагностирован в большинстве изученных рудных образцов вышеназванных месторождений. Он имеет коричневый и серо-коричневый цвет, обогащен железом и представлен двумя генерациями. Сфалерит I представлен агрегатами аллотиморфных частиц сфалерита, которые образуют мономинеральные полоски и линзы. Под микроскопом в агрегатах сфалерита видны вкрапления галенита, халькопирита и пирротина в виде эмульсий, которые концентрируются в микрополосе вдоль поперечного сечения сфалерита. Сфалерит 2 имеет аллотиморфную структуру в парагенезисе с галенитом, халькопиритом, меньшей мере пиритом, которые образуют жиллообразные вкрапленные руды. Минеральный комплекс сфалерит – галенит – халькопирит обычно корродирует и замещает пирит, пирротин и арсенопирит. Сфалерит-II содержит меньше эмульсионных вкраплений галенита по сравнению со сфалеритом первой генерации..

Галенит, как и сфалерит, является главным промышленным рудным минералом. Его содержания достигают 20-30%. Галенит имеет чёрно-серый, светло-серый, и сильный серебристый цвета. Галенит I слагает аллотиморфные и пластинчатые агрегаты в парагенезисе со сфалеритом, пиритом, халькопиритом, пирротин и арсенопиритом. Этот галенит часто находится в контакте с пирротинном. Отмеченный парагенезис корродирует и замещает пирротин. В относительно крупных выделениях галенит-II содержит круглые, цилиндрические или пластинчатые включения пирротина. Галенит-2 имеет слагает аллотиморфнозернистую структуру в сростании с частиц, с искривленными микропластинками сфалерита-2 и микрочастицами халькопирита. Микровкрапления и микропрожилки халькопирита отмечены в руломещающей породе..

Пирит является распространенным минералом в рудах, иногда на его дуло приходится значительная часть руды. В исследованном районе распространяется следующие генерации пирита. Пирит-1 перемежается со сфалеритовыми полосами с вкраплениями пирротина, халькопирита и галенита. Пирит-2 слагает относительно крупные частицы в парагенезисе с пирротинном и арсенопиритом. Они корродированы и замещены галенитом. Пирит-3 представлен паналлотриоморфными и индиоморфными парагенезисами с арсенопиритом, пирротинном, сфалеритом, галенитом и халькопиритом. Пирит-4 часто слагает мелкие кубические или многоугольных вкрапления в породе.

Кроме указанных главных минералов, в свинцово-цинковых рудах содержатся второстепенные минералы : халькопирит, арсенопирит, пирротин, стефанит, рутил, магнетит, гематит... и т.д. Наиболее распространенными в рудах исследованного района являются руды полосчатой и линзовидной структур с замещающими друг друга мономинеральными выделениями сфалерита и пирита, а также микрополосчатые выделения пирротина в мелкозернистых доломитах и известняках. Также типичными являются вкрапленные и

прожилково-вкрапленные структуры и текстуры руд. Схема последовательности минералообразования Pb-Zn месторождений района Чо Дон приведена на следующем рис.

Этапы и стадии	Гидротермальные этапы			Этап выветривания
	I	II	III	IV
Минералы	Кварц – пирит – магнетит – арсенопирит - пиротин	Кварц – галенит I-сфалерит-халькопирит	Кварц – кальцит - галенит II-сфалерит II	Гётит – англезит – смитсонит – серузит - лимонит
Кальцит				
Доломит				
Кварц				
Графит	_____			
Магнетит	-----			
Арсенопирит	_____			
Пиротин	_____	-----		
Пирит		-----		
Галенит		_____		
Сфалерит		_____		
Халькопирит		_____		
Спекулярит		-----		
<i>Текстуры и структуры руд</i>	Вкрапленная, прожилково - вкрапленная, микрополосчатая	Вкрапленная, прожилково - вкрапленная	Микровкрапленная	

Литература:

1. Довжиков А.Е., Буй Фу Ми, Василевская Е.Д. и др, 1965: Геология Северного Вьетнама. Ханой, Вьетнам: Наука и Техника. 1965. 668с.
2. Чан Ван Зыон: Геологическое строение и условия формирования полиметаллических рудных полей Северо-Восточного Вьетнама. // автореферат на соискание ученой степени канд. геол.-мин. наук. Баку. 1990
3. Чан Чонг Хоа: Внутриплитный магматизм Северного Вьетнама и его металлогения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геол.-минер.наук. Новосибирск. 2007.
4. Чан Туан Анх, Гасков И.В, Чан Чонг Хоа, Неволко Р.А. Минерально – геохимические характеристики и горные источники свинцово-цинкового месторождения в структуре Логам – Сервого Вьетнама. Ханой, Вьетнам: Науки о Земле. 2011. 16 с.
5. Нгуен Ч.Тх, Нгуен К.З, Ву Л.Т. Рудные характеристики и генезис свинцово-цинковых руд месторождения На-Тум, Чо Дон, Баккан. Ханой, Вьетнам: Журнал природных ресурсов и охраны окружающей среды, 2014.

К ВОПРОСУ ГЕНЕЗИСА ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ РУД

Прудников И.А., Луговская И.Г., Печенкин И.Г.

prydnukov@gmail.com, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского», Москва, Россия.

Некоторые вопросы генезиса океанических железомарганцевых руд (железомарганцевых конкреций и кобальтоносных марганцевых корок) до сих пор остаются нерешенными, несмотря на то, что процессы их формирования доступны непосредственному наблюдению. Поиск ответов на них имеет существенное значение для перспективных исследований данных видов сырья.

Особый интерес представляют источники поступающего вещества, формирующего океанические руды. В литературе образование океанических железомарганцевых руд рассматривают с нескольких возможных позиций. Часть исследователей считает конкреции седиментационными, другие – гидrogenными, сформированными путем извлечения рудного материала из морской воды и концентрации его на границе раздела вода-осадок. В качестве источника вещества в данном случае рассматриваются: речной сток, вулканическая деятельность, поступление гидротермальных растворов в зонах активизации. По мнению ряда специалистов, конкреции формируются в результате диагенетических процессов. Выделяющиеся при литификации осадков растворы, насыщенные рудным веществом, попадают в придонный слой, где и образуются конкреции. Существует и гальмиротическая концепция генезиса конкреций и корок. Согласно ей, железомарганцевые руды являются аналогом железного «панциря» на корках выветривания суши (Авдонин В.В. и др., 2000).

Элементный состав конкреций контролируется условиями залегания и суммарной мощностью глинистых элювиально-делювиальных отложений. В качестве субстрата рудных корок может выступать любая твердая порода. Наиболее мощные корки образуются на базальтах и брекчиях. Например, субстратом рудных корок Магеллановых гор чаще всего являются вулканогенные палеотипного облика породы нижнего мела: анкаремиты, океаниты, трахибазальты, их туфы, интенсивно фосфатизированные брекчии афировых базальтов. Встречаются карбонатные биогермные породы и сильно фосфатизированные кокколито-фораминиферовые известняки.

К числу показателей, позволяющих определить источник вещества, формирующего океанические руды можно отнести химический и минеральный составы, текстурно-структурные особенности, скорости накопления вещества. Наиболее информативными генетическими индикаторами в составе океанических руд являются минералы Fe и Mn, содержания и состав основных и попутных компонентов, их соотношения.

Процессы накопления комплексных руд, возможные источники их поступления и вещественного состава могут быть исследованы при сопоставлении с аналогами континентального генезиса. В качестве объекта с континентальными рудами рассмотрены марганцевые месторождения Букантауского рудного района (Республика Узбекистан). Они представляют собой возможный продукт самоорганизации молодого осадочного бассейна в процессе деятельности эксфильтрационной рудообразующей системы, которая характеризуется тем, что при вскрытии напорной гидродинамической системы (то есть при образовании очагов разгрузки) в результате декомпрессии в первую очередь разгружаются воды, которые находятся в непосредственной близости к очагам разгрузки. Это глеевые воды, которые возможно способны привести к образованию месторождений марганца на кислородном геохимическом барьере.

Прогнозно-поисковые работы на марганец в Центральных Кызылкумах проводились в 1990-х гг. В ходе их выявлено несколько рудопроявлений и мелкое месторождение Алисай. Большинство объектов приурочено к контакту палеозойских и нижнечетвертичных

отложений в области выклинивания горизонтов мела. Оруденение с промышленными параметрами локализовано в нижнечетвертичных гравийно-щебнистых отложениях и на всех объектах характеризуется однотипной рудной зональностью.

По мнению авторов, месторождение Алисай – результат закономерного развития мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, а источник марганца поровые воды, локализующиеся в породах чехла с содержаниями марганца, близкими к кларковым. В результате тектонической активизации пластовые воды обогащаются комплексом полезных компонентов и перемещаются к геохимическому барьеру, где и формируется оруденение. Рудная зональность месторождения Алисай с низу вверх представлена зоной колломорфного (натечного) гетита. Выше выделяются черные образования гидроксидов марганца. Существенно щебнистые отложения низов разреза, сцементированные оксигидроксидами железа и марганца, постепенно сменяются сплошной массой железомарганцевых и марганцевых руд. Выше по разрезу расположены эпигенетические карбонаты.

Как известно океанические руды считаются комплексным сырьем. Перечень полезных и потенциально полезных элементов в составе железомарганцевых конкреций включает кроме основных металлов марганца и железа, никель, медь – от двух, до десятых долей процента, кобальт – до десятых долей процента, содержащиеся в промышленно значимых концентрациях, попутные – Мо до сотых долей процента, Zn – до десятых долей процента. Установлены повышенные содержания редких земель (лантаноиды), редких элементов – Ga, Y. В конкрециях могут присутствовать золото и платина. Кобальтоносные марганцевые корки содержат основные компоненты – Co, Mn, Ni, Fe, попутные – Cu, Mo от сотых до десятых долей процента, редкие элементы – мышьяк, иттрий. Среднее содержание серебра может составлять до 90 мг/т Основные минералы – гидроксиды железа, марганца. Марганцевые минералы конкреций и корок – бузерит, асболан, вернадит, пиролюзит, псиломелан, вад (Авдонин В.В. и др., 2000; Луговская И.Г., 2007).

Как и океанические руды железомарганцевые руды Букантауского рудного района содержат такие попутные компоненты, как молибден, цинк, никель, кобальт, медь – до десятых долей процента; таллий до сотых долей процента. Кроме того, установлены повышенные содержания платины, золота, серебра, урана, редких земель, стронция и бария (Головин Е.А. и др., 1993; Печенкин И.Г. и др. 1993). Марганцевые минералы представлены оксидными формами – преобладают вад, пиролюзит, псиломелан. Текстуры руд: сферолитовая, почковидная, концентрически-слоистая.

Рассматриваемые континентальные месторождения образованы рудоносными растворами, которые поступали из толщи мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. Они представляют собой продукт реализации рудного потенциала молодого осадочного чехла, который смог реализоваться в ходе активизации региона.

Часть руд океанического типа (сульфидных) формировалась при разгрузке металлоносных растворов, о чем свидетельствует интенсивная деятельность «белых» и «черных» курильщиков. Основной объем железомарганцевого оруденения (в оксидной форме) локализуется в виде площадных корок и конкреций на удалении от основных источников поступления рудного вещества.

Сравнительный анализ двух типов месторождений показал, что состав железомарганцевых руд включает близкий комплекс попутных компонентов. Механизм формирования оруденения достаточно близок. Значимость объектов определяется количеством поступающего рудоносного раствора к геохимическим барьерам. В первом случае (в морских условиях) процесс идет постоянно с рассеиванием и последующей концентрации оруденения в виде широких полей, а во втором (континентальные условия) в очагах разгрузки металлоносных пластовых вод на этапах тектонической активизации.

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕДНЫХ РУД МИХАЙЛОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИХ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ *

Радченко Д.Н.¹, Цупкина М.А.²
mining_expert@mail.ru¹ ИПКОН РАН, Москва, Россия
²РУДН, Москва, Россия

* - исследования выполняются при поддержке РФФ (грант 14-37-00050)

Проблема рационального недропользования, включающая комплексную переработку руд и техногенного сырья с последующей утилизацией отходов горнопромышленного комплекса весьма актуальна [1-2]. Под рациональным использованием недр принято понимать систему организационных, научно-технических, технологических, экономических, правовых и иных мер, направленных на соблюдение установленного законодательством порядка недропользования [3]. Отсутствие подобной, экономически выгодной системы приводит к тому, что при добыче единичных компонентов из комплексного сырья в отходы поступают не менее ценные, редкие и не извлекаемые металлы, в то время, как они могут быть достаточно эффективно извлечены в комплексе с базовыми компонентами [4].

Например, в связи с огромной ролью редких металлов в современном мире со второй половины XX века интенсивно проводились поиски их месторождений. На данный момент общеизвестно, крупнейшими в мире природными запасами редких металлов обладает Китай (80% мировых): железо-ниобий-редкоземельные месторождения Внутренней Монголии (Баян-Обо), багнетитовые руды провинций Ганьсу и Сычуань, ионно-абсорбционные Цзянси и Гуандун. В России же небольшой спрос на редкие элементы пока обеспечивают месторождения Кольского полуострова. Принято считать, что «непрофильные» месторождения и, тем более, отходы горнопромышленного комплекса не конкурентоспособны индустриальным гигантам, формирующим предложения на мировом рынке. Однако доказано, что при создании комплексных производств глубокой переработки сырья попутное извлечение ценных компонентов может и должно формировать прибыль горного предприятия [5]. В развитых индустриальных странах мира существуют системы вторичной переработки сырья, в связи с чем уровень использования промышленных отходов достигает 80 %, тогда как в России и странах ближнего зарубежья он не превышает 10 % [6].

В ходе полевых работ в регионе КМА выявлено, что запасы техногенного сырья – отходы добычи руд, в перспективе могут являться источником производства железа, редких и редкоземельных металлов. Несмотря на низкое содержание железа в отвалах, в ряде стран такое сырье, содержащее до 20 % Fe эффективно перерабатывается с получением широкого спектра товарной продукции. Отвалы в регионе содержат апатитовые породы, содержащие редкие элементы – Ge, Ga, Sc, Ca, Te, Ta, Re. В отходах добычи руд содержатся минералы, содержащие проявление РЗЭ.

Для создания экономически выгодной схемы комплексной переработки руд и отходов обогащения проводятся геолого-минералогические исследования руд и отходов их добычи (горных пород) на примере Михайловского месторождения железных руд, а

именно, оценка их текстурно-структурных особенностей, качественного и количественного состава минералов в шлифах и аншлифах. Проведены химические анализы отобранных проб.

Для проведения исследований использование лабораторного оборудования Лаборатории ЭКОН ИПКОН РАН [7]. Для изготовления шлифов и аншлифов предназначена линия GEO для петрографии (оборудование для подготовки тонких шлифов GEOFORM, приспособление для крепления образцов на предметные стекла GEOFIX, шлифовально-полировальный станок FORCIPOL 300-1V, автоматическое головное устройство для подготовки минералогических образцов FORCIMAT-TS, перистальтический диспенсер DOSIONE). Для детального анализа полученных шлифов и аншлифов - поляризационный микроскоп OLYMPUS BX-51 Pol и автоматизированный анализатор оптико-минералогических исследований горных пород, руды и рудных концентратов.

Список использованных источников

1. Комплексное освоение недр: перспективы расширения минерально-сырьевой базы России / Под ред. К.Н. Трубецкого, Д.Р. Каплунова, В.А. Чантурия. Москва: ИПКОН РАН, 2009. – 456 с.
2. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Милкин Д.А. и др. Обоснование параметров и режима выщелачивания сырья техногенных образований, сопутствующих разработке медно-колчеданных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2010. -№ 3. -С. 340-350.
3. Горное дело. Терминологический словарь. Москва: Горная книга, 2016. (изд. 5-е, переработанное и дополненное). 635 с.
4. Ларичкин Ф.Д. Особенности обоснования параметров кондиций рентабельного извлечения ценных редкоземельных составляющих многокомпонентного минерального сырья // Горный журнал, 2016. -№ 1. -С. 49-53.
5. Ларичкин Ф.Д. О методологии обоснования параметров кондиций на месторождениях многокомпонентных руд // Горный журнал, 2011. -№ 7. -С. 36-39.
6. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в Российской Федерации в 2015 г. Минприроды РФ, 2015.
7. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Создание в России научного центра по изучению экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал, 2014. -№ 12. -С. 4-7.

К ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ ЭНДОГЕННЫХ ГРЕЙЗЕНОВО-РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ ТЕМИРКАБУКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

Розиков О.Т., Усманиев Э.А., Мирходжаев Б.И.

mirvosit@mail.ru, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан.

Территория Западного Узбекистана относится к западной части Южно-Тяньшаньской геосинклинальной складчатой системы и, по металлогенической схеме (Абдуллаев, 1960, Арапов, 1967, Ахмеджанов, Борисов, 1977, Горьковец, 1982 и др.), изучаемые территория относятся к Зарафшано-Туркестанской структурно-металлогенической зоне и представляют собой центральное поднятие допалеозойского фундамента в пределах этой геосинклинальной системы. Поднятие зародилось, вероятно, еще в байкальскую эпоху складчатости и обрамлено глубокими трогами, развивавшимися в течение палеозойской эры как геосинклинали (с севера Туркестано-Алайская, с юга Зарафшано-Алайская). Поднятие сложное - в западной части Узбекистана метаморфическими породами ауминзинской, тасказганской и бесапанской свит докембрийского возраста прослеживается более чем на 400 км по простиранию, при ширине около 100 км. Восточнее, эти отложения перекрыты толщами палеозоя восточного окончания Нуратинских гор и Туркестанского хребта.

Примером месторождений грейзеново-редкометальной формации Западного Узбекистана может служить Темиркабукские рудная зона, которая расположена на северных склонах северной ветви Нуратинского хребта, в пределах площади бассейнов водопритоков Темиркабук, Сангузарсай и Джанбулаксай.

Наиболее древними породами Темиркабуксайской рудной зоны являются отложения осадочно-метаморфических и изверженных пород палеозойского возраста (Pz_1), которые широко развиты на западном экзоконтакте интрузива в виде полосы шириной до 1,5 км, к югу от поселка Нурата. В нижнепалеозойской нерасчлененной толще по литологическому составу выделены две свиты: нижняя-Ауминзинская и верхняя - Тасказганская. Ауминзинская свита – (Pz_{1am}) слагает ядро Темиркабукской антиклинали. В составе пород свиты преобладают средне-мелкозернистые тонкорассланцованные слюдисто-кварцевые и полевошпатово-кварц - слюдистые сланцы с прослоями кварцитов и их полосчатых разновидностей мощностью до 3-4 м, и тонко зернистых - мощностью до 2 м. В разрезе Тасказганской свиты (Pz_{1ts}), которая залегает согласно на отложениях Ауминзинской свиты, преобладают серые кварцево-кремнистые сланцы с прослоями слюдисто - кварцевых и углисто- кремнистых сланцев, мощностью 2-3 м. Общая мощность свиты составляет 350 м. Интрузивные тела сложены из разнообразных пород, образованных в последовательно наложенных нескольких фазах магматической деятельности. По И.К. Лазареву, интрузивная деятельность в пределах рудного поля делится на четыре фазы.

Наши исследования показали, что выделяемая грейзеново-редкометальная формация, в основном, связана с III-фазой-лейкократовых и IV-фазой-двуслюдяных гранитов (C_3-P_1) и развита в приконтактной зоне массива с вмещающими их сланцами. В центральной части массива присутствуют неизменные лейкократовые граниты, в основном, мусковитизированные, альбитизированные и с переходом в апограниты. В приконтактной зоне лейкократовые граниты заполняют апикальные части интрузива. Основное простирание тел северо-западное, близкое генеральному простиранию вмещающих пород.

Комплекс двуслюдяных гранитов не совсем реально определяет первичный их облик, так как мусковит является вторичным минералом метасоматически развивающемся по биотиту и частично, по полевым шпатам.

Структура рудного поля определяется участием тектонических трещин разного характера, которые сопровождают зону интенсивной грейзенизации, пологие трещины же - заполнены кварцем с последующей интенсивной грейзенизацией и замещением его топазом, ниобием, танталом, оловом, вольфрамом, молибденом, свинец-цинком, литием и хромом, а акцессорные минералы - цирконом, сфеном, магнетитом, медью, ильменитом, никелем, колумбитом, ксенотимом, рублидием, ортитом, апатитом и др. Морфология рудных тел представлена в виде жил сложной формы и линз, а мощность этих зон колеблется от 10 до 50 метров, длина от 30- 100 до 300 метров. Мощность жил от 5 до 30 см., длина от 20 до 60 метров. В грейзенах ведущими нерудными минералами являются - кварц, берилл, мусковит, альбит, из второстепенных присутствуют турмалин, топаз, микроклин. Из рудных - олово, тантал, ниобий, вольфрам, рутил, колумбит.

В грейзеновых телах, образовавшихся в биотитовых гранитах, содержание окиси тантала низкая (2-3 г/т.), которая повышается в двуслюдяных и лейкократовых гранитах (3-6 г/т.). Грейзены, связанные с мусковит-альбитовыми гранитами, содержат концентрацию окиси тантала и, в сравнении с лейкократовыми гранитами, она увеличивается до 14 г/т. Отношение тантала к ниобию меняется от биотитовых гранитов к двуслюдяным и лейкократовым гранитам. Сопоставлением данных по геохимии ниобий-тантала и других элементов, отмечено сходство их распределения в гранитоидах и их породообразующих минералах, что объясняется близостью геохимических характеристик поведения в магматических и постмагматических процессах. В породах отношение ниобий - тантала и других элементов в разных типах гранитоидов близко и колеблется в пределах 1 : 5 - 1 : 7.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Закономерности размещения ниобия - танталового и др. редкометального оруденения генетически связаны с нижнекарбовыми (С₁) и верхнекарбон - нижнепермскими (С₃-Р₁) лейкократовыми, двуслюдяными гранитами;
2. Ниобий-танталовое и др. редкометальное оруденение располагается, в основном, в эндоконтактных частях Темиркабукского интрузива, которые контролируются антиклинальными структурами и осложняющими их глубинными разломами.

Литература

1. Федорчук В.П. Экспертная геолого - экономическая оценка рудных месторождений. - М. Недра,1991
2. Акбаров Х.А., Турапов М.К., Умарходжаев М.У. Литолого-структурные факторы размещения оруденения в скарновых месторождениях Средней Азии «Тр.междунар. симп.», «Генезис рудных месторождений»-Канада, МАГРМ,1990.
3. Акбаров Х.А., Никифоров Н.А., Умарходжаев М.У. Структурно-морфологические типы рудных тел. «Мат-лы междунар. конф.», «Условия формирования, закономерности размещения и прогнозирования месторождений полезных ископаемых». ТашГУ, 2006.
4. Рудные месторождения Узбекистана // Отв. ред. Н.А.Ахмедова. – ГП «НИИМР», Ташкент 2001.
5. Металлогения золота и меди Узбекистана // Отв. ред. А.А.Кустарникова. – ГП «НИИМР», Ташкент 2012.
6. Геология полезных ископаемых Узбекистана. Изд-во «Фан». Т. 1998.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАРАФШАНО-АЛАЙСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЮЖНОЙ ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ

Розиков О.Т.

mirvosit@mail.ru, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент,
Узбекистан

Западная часть Южно - Тяньшаньской геосинклинальной складчатой горной системы было освещена во многих работах (Абдуллаев, Хамрабаев, Горьковец, Ахмеджанов, Борисов, Шаякубов, Далимов и др.) [1, 2, 4].

Складчатая система Южного Тянь-Шаня на юге отделена от Байсунского докембрийского складчатого массива Южно-Гиссарским глубинным разломом, проходящим вдоль южного склона Гиссарского хребта. Было выделено шесть структурно-формационных (металлогенических) зон Южно-Тяньшаньской складчатой системы (I. Карачатырская; II. Южно-Букантауская; III. Туркестано-Алайская; IV. Зарафшано-Туркестанская; V. Зарафшано-Алайская; VI. Южно-Гиссарская), вытянутые в субширотном направлении, что обусловлено наличием субпараллельных глубинных разломов, разделяющих эти зоны.

Геологическое строение региона складывается из трех структурных этажей (Ахмеджанов и др.) [4], к которым приурочены золото, вольфрам, молибден, олово, ртуть, марганец, никель и другие полезные ископаемые: 1) докембрийский - представлен рифейскими отложениями (сланцы, песчаники, кремнистые породы, доломиты, известняки, вулканиты); 2) каледонский - породами кембрия, ордовика, силура и девона (сланцы, песчаники, известняки, доломиты, туфы и др.); 3) герцинский - отложениями среднего девона, карбона, перми и нижнего триаса (известняки, доломиты, песчаники, аргиллиты, туфы и др.).

Складкообразование и разрывные нарушения (продольные и поперечные) каледонского и герцинского циклов способствовали формированию блочного строения региона, излиянию эффузивов, внедрению интрузивных пород различного состава и возраста (Хамрабаев), в том числе гранитоидного интрузивного комплекса (диоритовая, гранадiorитовая, гранитовая и аляксито-лейкокротовая формации) S_3-P_1 возраста мезо- и гипабиссальной фации глубинности, с которым генетически к пространственно - связаны (Абдуллаев, Хамрабаев, Боймухамедов, Разиков 2016 и др.) золото, вольфрам, молибден, олово, ртуть, марганец, никель и другие полезные ископаемые. Осадочные породы региона претерпели региональный (зеленосланцевая фация глубинности), контактовый (роговики, мраморы) метаморфизм и метасоматизм (скарны, грейзены, пегматиты и др.). Большинство крупных полиформационных скарново-шеелитовых месторождений размещено в карбонатных и карбонатно-терригенных толщах силура. Это позволит нам наряду с другими исследователями выделить последние как благоприятные условия для формирования и размещения месторождений региона.

Имеющиеся материалы указывают на тектоническую дифференциацию этой территории уже в кембрийское время, а может быть даже в рифее.

Ниже рассмотрим из вышеперечисленных только лишь Зарафшано-Алайскую зону опираясь на новые фактические материалы, которые дали возможности прогнозировать и удостоверится ранее сделанным выводами.

Зарафшано-Алайская зона. На севере по Заравшанскому разлому она граничит с центральным поднятием - Зарафшано-Туркестанской зоной. С юга она отграничивается от Южно-Гиссарской зоны Гиссарским глубинным разломом. Зона прослеживается на расстоянии более тысячи км при ширине от 20 до 100 км. Стратиграфический разрез Зарафшано-Алайской зоны представлен осадками от ордовика до карбона.

Характерно обилие в карбонатно-алевролитно-песчаниковом разрезе Зарафшано-Алайской зоны вулканогенных образований, представленных андезитом-альбитофирами (O_{2-3}, S_1), кварцевыми кератофирами (C_1t) и вулканогенно-терригенными толщами (D).

На востоке зоны проявляется интрузивный магматизм (габбро-перидотиты - S_{1-2} , плагиограниты S_2 , габброиды C_{1IV-n} , гранитоиды $P?$). Это вносит важные коррективы в представления о режиме развития Южно-Тяньшаньской геосинклинали, вообще причислявшейся к миогеосинклиальному типу палеозойских структур. В последнее время среди пород, ранее относимых к сланцам ордовика, начали опознаваться основные эффузивные породы. Этим дополнительно подтверждается предположение о значительно большем распространении магматизма ранних этапов геосинклиального развития, как это считалось прежде [2].

Зарафшано-Алайская зона по своей металлогенической сущности - по ведущему значению «сквозной» редкометалльной и золоторудной специализаций - родственна смежной Зарафшано-Туркестанской зоне (Горьковец, Баймухамедов, Разиков). Это, возможно, объясняется поздним отклонением ее от Центрального поднятия, произошедшем в ордовике и формированием в условиях, переходных к упоминавшемуся выше восточному сектору Центрального поднятия. Вместе с тем специфические условия развития рассматриваемой зоны определяют и особенности ее металлогении. Здесь, помимо шелитоносных скарнов (Ингичка, Яхтон, Каратюбе, Дарай-тут, Учмулла, Майзак, Тым, Мулла-Бурхан, Бузулгряда, Чуюн); отмечаются и весьма сложные разнообразные пегматитовые и плутоногенные - гидротермальные месторождения интрузивных зон (интраинтрузивного класса по Л.Н.Овчинникову [3]) пегматитово – редкометалльные (Кетменчи, Зирабулок, Кутчи); пегматитово-кварцево-полевошпатовые (Мулла-Бурхан, Кыз-Курган и др.); грейзеново-редкометалльные (Сулу-Кыз, Тадыкная, Курай, Кара-мечет, Беркут); скарно-олово-полиметаллические (Кыз-Курган, Ингичка блок №26 шахта №2); скарно-свинцово-сурьмяные (Кальтасай); гидротермально-золоторудно-метасоматические (Коракутан, Янги Давон, Таушан, Янгиказган и др.); гидротермально-оловорудные (Кочкарлы, Лапас, Карнаб, Кермене, Чангаллы, Девонасай, Кальта, Чайдароз и др.); гидротермально-меднометалльные (Мискан, Аткамарсай); гидротермально-ртутные (Юбилейное- 1 и др.).

В отличие от вышеперечисленных зоны, постмагматическое оруденение носит менее глубокий характер, что выражено в выявлении рудной телескопии.

К рассматриваемой зоне приурочена перспективная марганценовая полоса (месторождения Даутааш, Тахтакарачи в Каратюбинской рудоносной зоне и др.).

С Кульджуктаускими интрузиями перидотит-норит-габбровой формации, принадлежащим к поясу базит-ультрабазитовых пород зоны, связано графит-никель-кобальтовое месторождение Тасказган. Из пробуренных на Кульджуктауских горах (СП «Золото пустыни», Разиков), были вскрыты золото, вольфрам, а также выявлена ртутная минерализация.

В Чакилкалянском, Каратюбинском, Зирабулакском, Зиаэтинском и Кульджуктауском (на территории Республики Узбекистан) рудные районы являются наиболее перспективными и вокруг известных крупных месторождений выявляются другие типы руд: магнезиальные, апомагнезиальные сарноворудные, апогранитовые, метасоматические и измененные метасоматические, стратиформинные, грейзин-пегматитовые, в которых специализирующие определённые виды полезных ископаемых связаны с интрузивными образованиями и их состава, от вмещающих пород и кислотно-щелочности растворов.

Литература

1. Абдуллаев Х.М., Хамрабаев И.Х. Некоторые особенности постмагматизма в Западном Узбекистане. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 8, 1955.
2. Горьковец В.Г. Новые данные о связи Тянь-Шаня с Уралом. Вопросы структурно-металлогенического районирования территории Узбекистана. – «Сов. геология», 1967, №11.
3. Овчинников Л.Н. Логико-методологические основы изучения процессов рудообразования. – в кн.: Современное состояние учения о МПИ. Ташкент, 1971.
4. Ахмеджанов М.А., Борисов О.М., Фузайлов И.Л. Геологическое строение и состав палеозойского фундамента Узбекистана. Т.1 Ташкент, «Фан», 1967.

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ И ИХ РОЛЬ В МИРОВОЙ МЕДЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Смольникова А.В.

smolnikova@vims-geo.ru, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»), Москва, Россия

Основными источниками меди служат месторождения следующих геолого-промышленных типов: порфировый (включая медно-порфировый, молибден-медно-порфировый и золото-медно-порфировый подтипы); медный стратиформный (месторождения медистых песчаников и медистых сланцев); колчеданный (медноколчеданный и медно-цинковоколчеданный подтипы); сульфидный медно-никелевый; железосилико-медный; медно-железорудный скарновый.

Порфировые месторождения в настоящее время составляют более 70% мировых ресурсов меди и обеспечивают 65% ее добычи, также являясь важным источником молибдена и благородных металлов. Они приурочены к вулканоплутоническим поясам и известны в Чили, Перу, Мексике, США, Индонезии, Монголии, России и др. странах. Оруденение связано с порфировыми интрузивами преимущественно среднего состава, в апикальных частях которых залегают штокверки изометричной или овальной в плане формы с кварц-сульфидными прожилками и вкрапленностью сульфидов. Характерны обширные зоны гидротермального метасоматоза. Главные рудные минералы: халькопирит, пирит, молибденит, иногда магнетит, борнит, энаргит и халькозин; нерудные минералы — кварц, серицит, калишпат, биотит и др. По составу руд и соотношению меди, молибдена и золота выделяются собственно медно-порфировые месторождения (Эскондида, Бузнависта), золото-медно-порфировые (Грасберг, Ую-Толгой, Пиббл), молибден-медно-порфировые (Андино, Куахоне, Ла-Каридад) и молибден-порфировые. Все они характеризуются относительно низким средним содержанием меди в рудах — 0,3–0,8%, которое увеличивается до 1–1,5% в окисленных рудах зон вторичного сульфидного обогащения. порфировые объекты, как правило, вмещают значительные ресурсы руды — от сотен до миллиардов тонн и пригодны для отработки открытым способом, при низкой себестоимости добычи.

Стратиформные месторождения медистых песчаников и сланцев составляют около 10% мировых ресурсов меди, обеспечивая 13% ее добычи. Они локализируются в терригенных грубообломочных осадочных отложениях, в основном — в пестроцветных песчаниках. Рудные тела пластовой, лентовидной и линзовидной формы залегают согласно с вмещающими породами и отличаются значительной протяженностью (до нескольких км) при сравнительно малой мощности (до первых метров). Околорудные изменения не характерны. Рудная минерализация представлена равномерной вкрапленностью халькозина, халькопирита, борнита и пирита. Содержание меди варьирует в пределах 0,5–6%, в среднем составляя 1,5–3%. В рудах также присутствуют Co, Ag, Zn, Pb, PGM, Re, Se, Te. По масштабу большинство месторождений относится к средним и крупным. Такие объекты распространены в пределах Медного пояса Африки на территории ДРК и Замбии (Конкола, Тенке-Фунгуруме), а также в Серебряном поясе Польши (Рудна), Казахстане (Джезказганское), России (Удоканское).

На долю медноколчеданных месторождений в вулканогенных и вулканогенно-осадочных комплексах приходится около 4% мировых ресурсов меди и почти 8% ее добычи. Рудные тела протяженностью десятки-первые сотни метров и мощностью до 100 м, представлены, как правило, пластообразными и линзовидными залежами массивных и полосчатых руд. Для вмещающих пород характерны околорудные изменения. Главные рудные минералы — пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды. Содержание меди в рудах обычно составляет около 1,5–2%, цинка — около 2%, они могут содержать также Au, Ag, Cd, Se, Te, Co. Объекты данного типа в основном являются мелкими и средними, но есть и крупные — Гайское в России. Колчеданные месторождения также известны в Канаде (Кидд-Крик), Австралии (Маунт-Айза), Финляндии (Пюхясалми).

Месторождения сульфидного медно-никелевого типа, заключающих около 5% медных ресурсов мира и обеспечивающих почти 4% добычи, в большинстве своем связаны с магматизмом рифтовых зон. Сульфидные медно-никелевые руды локализуются в стратифицированных пластообразных базит-ультрабазитовых интрузивах. Залегающие субгоризонтально, реже наклонно рудные тела пласто-линзо- и жиллообразной формы расположены в их нижних частях и имеют довольно крупные размеры: протяженность от сотен метров до первых км при мощности до 100 м. Руды массивные и вкрапленные, главные рудные минералы: пирротин, халькопирит и пентландит. Содержание меди варьирует от 0,2 до 6% в зависимости от типа руд, обычно составляя 1-1,5%. Помимо меди и никеля, в рудах имеются платиноиды, кобальт, золото, серебро. За исключением гигантских месторождений Октябрьское и Талнахское в России, основная часть сульфидных медно-никелевых объектов по масштабу относится к мелким и средним, реже к крупным.

С железокислотно-золото-медными (Iron-oxide-copper-gold; IOCG) месторождениями связано около 4% ресурсов и добычи меди. Такие объекты могут возникать в зонах рифтогенеза древних платформ и щитов, особенно в их краевых частях, а также в фанерозойских вулканоплутонических поясах. Рудные тела линзо- и жиллообразной формы выполнены оруденелыми брекчиями, состоящими из обломков гидротермально измененных интрузивных и вулканических пород преимущественно кислого состава. Руды отличаются повышенным содержанием магнетита и гематита, в них также присутствуют халькопирит, борнит, уранинит, самородное золото и серебро и др. Месторождения комплексные, помимо меди (0,2-1,5%) и золота часто содержат в промышленных количествах U, Ag, Bi, Co, Ni и др. Самый яркий пример объектов этого типа — комплексное месторождение Олимпик-Дам в Австралии.

В рудах медно-железородных скарновых месторождений сосредоточено около 3% ресурсов меди, такова же их доля в мировой добыче. Скарновые месторождения образуются в зонах экзоконтакта известняков и известково-терригенных пород с прорывающими их интрузивами преимущественно кислого состава. Для вмещающих пород характерны окolorудные изменения. Рудные тела отличаются сложной морфологией, небольшими размерами и комплексным составом. Руды прожилково-вкрапленные, главные рудные минералы — борнит, халькопирит, магнетит. Среднее содержание меди — 0,5-1,5%. Помимо меди и железа, руды содержат золото, серебро, кобальт, теллур, селен, молибден.

Еще около 4% ресурсов меди и 3% добычи связано с месторождениями второстепенных геолого-промышленных типов, а также техногенными объектами.

Согласно прогнозу, сделанному на основе сбора и анализа информации о фактических и проектных объемах добычи на более чем тысяче меднородных и медьсодержащих месторождений мира различных геолого-промышленных типов, к 2030 г. структура мировой медедобывающей промышленности несколько изменится. Роль медно-порфировых объектов в перспективе может вырасти на 7% относительно сегодняшнего уровня, поскольку большинство проектов освоения базируется на месторождениях этого типа. Также будет расти доля стратиформных месторождений, в случае ввода в эксплуатацию месторождений Камоа (ДРК) и Удоканского. Медноколчеданные месторождения, ресурсы многих из которых близки к исчерпанию, могут уступить третью позицию скарновым медно-железородным объектам, благодаря запуску рудников на месторождениях Лас-Бамбас в Перу (2016 г.) и Быстринское в России (окт. 2017 г.). Доли объектов сульфидного медно-никелевого и железокислотно-золото-медного типов, как ожидается, несколько сократятся, так как планируемый ввод таких месторождений в эксплуатацию не сможет компенсировать выбывание действующих мощностей ввиду исчерпания ресурсов.

Список литературы:

1. Железокислотно-золото-медные и родственные месторождения. Соловьев С.Г. М., «Научный мир», 2011
2. Месторождения металлических полезных ископаемых. Под ред. Авдонина В.В., Старостина В.И. М., «Трикта», 2005

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТОРУДНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ МАРОКСКОЕ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

Хасанов В.Н.

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и
благородных металлов» (ФГУП ЦНИГРИ), Москва, Россия

Марокское рудное поле Нижне-Чиримбинского рудного узла входит в состав Северо-Енисейского рудного района. В геолого-структурном плане Марокское рудное поле расположено в пределах западного крыла Ангаро-Питского синклиория, которое осложнено Ишимбинским глубинным разломом. В строении крыла участвуют терригенные отложения сухопитской серии нижнего и среднего рифея (кординская, горбилкокская, удерейская и др. свиты) и тунгусикской серии верхнего рифея (потоскуйская, шунтарская свиты). Рудовмещающими здесь являются терригенные образования низов сухопитской серии нижнего и среднего рифея, метаморфизованные в условиях фации зеленых сланцев биотит-хлоритовой субфации.

Марокское рудное поле (60 км²) приурочено к сложно построенной, локальной горст-антиклинали Певунская (Усть-Певунская), в ядре которой обнажаются карбонатно-терригенные отложения рязановской (пенченгинской) свиты нижнего протерозоя, а крутопадающие дислоцированные крылья сложены терригенными отложениями кординской, горбилкокской и удерейской свит нижнего и среднего рифея (низы сухопитской серии). Именно к крыльям Певунской горст-антиклинали приурочены выявленные здесь минерализованные зоны Яхотинская (участок Яхотинский) и Марокская (участок Марокский). Эти зоны оконтуриваются лишь по геохимическим данным, комплексной аномалией золота во вторичных ореолах рассеяния, интенсивностью 0,01 г/т. Протяженность этих зон более 12 км, мощность до 800 м с расширением до 2 км в пределах восточного крыла Певунской горст-антиклинали (участок Марокский). В южной части минерализованные зоны замыкаются в зоне регионального глубинного разлома северо-западного простирания, выделенного по геолого-геофизическим данным.

Геохимические поля участков Марокский и Яхотинский во вторичных ореолах рассеяния характеризуются повышенными содержаниями золота, мышьяка, серебра, свинца, кобальта, вольфрама и бора. Геохимическое поле участка Марокский в пределах восточного крыла Певунской горст-антиклинали имеет субмеридиональное простирание, согласное с простиранием вмещающих пород - кварц-биотит-серицитовых, кварц-хлорит-серицитовых сланцев, метаалевролитов и метапесчаников нижней части сухопитской серии (кординской свиты нижнего рифея, горбилкокской и удерейской свит среднего рифея). Ширина геохимического поля до 2 км, протяженность до 10,5 км. Геохимическое поле участка Яхотинский в пределах западного крыла Певунской горст-антиклинали имеет также субмеридиональное простирание, приурочено к полю развития терригенных отложений кординской свиты нижнего рифея на контакте с блоком карбонатно-терригенных отложений рязановской свиты нижнего протерозоя. Ширина геохимического поля до 0,5 км, протяженность до 8,5 км.

Эти геохимические поля контролируются Марокско-Яхотинской (участок Марокский) и Певунско-Яхотинской (участок Яхотинский) дизъюнктивно-дислокационными структурами, которые представляют собой системы линейных и дуговых тектонических нарушений взбросо-сбросового характера с субмеридиональным и северо-восточным простиранием, осложненными разрывами северо-восточного и субширотного простирания. Тектонические нарушения характеризуются зонами трещиноватости, которые сопровождаются штокверковым кварцеванием и зонами гидротермально-метасоматических изменений (окварцование, серицитизация, альбитизация, березитизация и сульфидизация).

Золоторудные зоны представляют собой системы линейных штокверков, сложенных разноориентированными линейными, иногда ветвящимися прожилками и единичными

жилами кварцевого, сульфидно-кварцевого, сульфидно-карбонатно-кварцевого, сульфидно-хлорит-биотит-кварцевого, сульфидно-альбит-кварцевого составов в поле развития метасоматически измененных пород кординской, горбилкокской и удерейской свит раннегосреднего рифея.

Выделяется несколько типов строения рудных зон и рудных тел Мароккского рудного поля: первый тип представлен серией сближенных кварцевых жил мощностью от первых сантиметров до первых метров, в узких зонах серицитизированных сланцев и кварц-альбитовых метасоматитов; второй тип – зоны штокверкового окварцевания, представленные сближенными прожилками мощностью от первых миллиметров до первых сантиметров с единичными маломощными (0,1 м) жилами кварца, вмещающие породы здесь серицитизированы, березитизированы или не несут видимых метасоматических изменений; третий тип - представлен зонами тонкого прожилкования кварцевого, кварц-лимонитового составов в тектонически ослабленных зонах, вмещающие породы здесь окварцованы, березитизированы, и часто сопровождаются формированием большого количества порфиробласт граната и биотита линзовидной и таблитчатой форм. Установленные рудные зоны и рудные тела всех трех типов характеризуются малыми мощностями до 5-10 м, редко до 20-28 м и неравномерным распределением содержаний золота в рудах.

Основным жильным минералом рудных зон и рудных тел является кварц, слагающий жилы и прожилки на 70-95%. Он наблюдается совместно с карбонатом, плагиоклазом, серицитом, хлоритом, мусковитом, биотитом и сульфидами. Рудоносный кварц преимущественно серого, голубовато-серого цвета с пятнами светло-серого, белого цветов, мелко-среднекристаллический; часто с лимонитом, развитым по трещинам. В зальбандовых частях кварцевых жил и прожилков отмечаются скопления мусковита, биотита, хлорита, плагиоклаза, железистого карбоната, сульфидной минерализации (пирит, пирротин, арсенопирит и т.д.) и самородного золота.

Рудные минералы развиты в виде единичных вкраплений, гнездовых скоплений в кварцевых жилах, прожилках и во вмещающих породах вдоль кварцевых прожилков с постепенным уменьшением их количества по мере удаления от контакта с прожилком. Общее количество сульфидов составляет 1-3% (редко до 10-15%). Среди сульфидной минерализации наиболее распространены арсенопирит – до 12%, пирротин – до 3%, пирит – до 3%, халькопирит – единичные знаки, лимонит – до 7% и скородит – до 1%, редко наблюдаются – сфалерит, галенит, в единичных случаях отмечаются пирит-мельниковит, марказит и ковеллин. Отмечается самородное золото в виде ксеноморфных, комковатых зерен, кристаллов, кристаллоидов, реже пластинчатых и уплощенных форм размерностью преимущественно до 0,25 мм, редко до 4 и более мм.

Золотое оруденение Мароккского рудного поля относится к золотокварцевой формации, золото-кварц-малосульфидному геолого-промышленному типу. Выявленные рудные зоны и тела маломощные при крайне неравномерных содержаниях золота (средние содержания в рудных интервалах не более 2 г/т, в отдельных пробах до 280 г/т). Золото свободное, нередко в сростании с кварцем, арсенопиритом, реже со слюдой, пиритом, гранатом и рутилом. Основная часть свободного золота представлена размерностью 0,1-0,5 мм и составляет более 70 % от общего количества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердюк С.С., Зобов Н.Е. и др. Прогнозные ресурсы золота и платины Красноярского края (по состоянию на 01.01.2006). Красноярск, КНИИГиМС, 2006, 174 с.
2. Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е. и др. Модели месторождений золота Енисейской Сибири. Красноярск, 2010, 582 с. (Сиб. Фед. Университет, ИГДГиГ).
3. Стороженов А.А. Сравнительное изучение и определение наиболее перспективных типов вкрапленно-прожилкового кварцево-сульфидного золотого оруденения в черносланцевых толщах южного обрамления Сибирской платформы. М., 1980, 259 с.

К ПРОБЛЕМЕ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ СУКАРИ (ЕГИПЕТ)

Шарафелдин Хани, Васильев Н.Ю.

hanisharfeldin@gmail.com, geostress@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва

Месторождение Сукари находится в юго-восточной части Египта, где располагается в 23 км к юго-западу от приморского города Марса-Алам – одного из курортов на западном побережье Красного моря. Месторождение представлено *золото-полисульфидными рудами в малых интрузивных телах*, являясь типичным объектом золотоносной провинции Аравийско-Нубийского щита [1]. За более чем 5000-летнюю историю освоения региона из рудных объектов провинции было добыто около 3,5 тыс. тонн золота. Свидетельством тому являются многочисленные следы древних выработок, на которых кроме золота проводилась добыча серебра и меди.

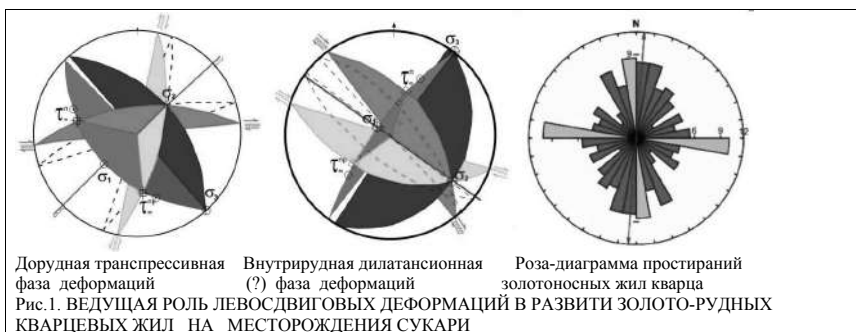
Провинция представляет собой обширную коллизионную зону *надвигов*, имеющую ЮЮЗ–ССВ простираение и сложенную комплексом островодужных пород офиолитовой ассоциации, – ультрамафитами вместе с габброидами, метавулканитами и метасадочными образованиями. Крутое залегание плоскостей сместителей ($60-70^\circ$) в надвигах, практически повсюду характеризуется СЗ направлениями падения. Только на ЗСЗ границе района месторождения Сукари (в структуре которого важное место занимают синорогенные гранитные массивы) эта закономерность нарушается. Ориентация плоскостей сместителей здесь изменяется на «обратную», в результате чего они (плоскости) характеризуются ЮВ направлениями падения. Поэтому, район месторождения Сукари располагается, фактически, в структуре *горста*, происхождение которого, вероятно, синхронно внедрению гранитоидов.

Ультрамафиты офиолитовой ассоциации в основном преобразованы в серпентиниты и породы тальк-хлорит-карбонатного состава. Установлена четкая пространственная связь между: 1) метасоматическими ореолами карбонатизации офиолитовых пород, 2) внедренными в них гранитами и 3) минерализацией золота [2]. Концентрация золота в измененных (карбонатизированных) породах на три порядка выше концентрации в неизмененных породах. Этот факт свидетельствует о ведущей роли гидротермально-метасоматических процессов в формировании месторождения.

Контакты интрузии гранитов с вмещающими горными породами ассоциации офиолитов, практически, субвертикальны, а местами характеризуются опрокинутым залеганием. Простираение контактов определяется двумя главными направлениями: ЮЮЗ-ССВ и ЮЗ-СВ и соответствует простираению фронтальных границ надвигов. Главная золотоносная жила кварца на месторождении прослежена с перерывами в ЮЗ-СВ направлении на 450 м. Углы падения жилы изменяются в пределах $30-55^\circ$ и характеризуются ЮВ румбами падения. Жилу сопровождают серии рудоносных прожилков, опережающих её на всем протяжении и формирующих минерализованную зону. Мощность Главной жилы молочно-белого кварца с сульфидами достигает 2,5 м. Во всех рудоносных кварцевых жилах золото находится в ассоциации с пиритом или с агрегатами пирита и арсенопирита. Зоны прожилковой минерализации, также, состоят из массивного кварца с рассеянным золотом и сульфидными минералами. Все жилы и прожилки сопровождаются довольно мощными *рудоносными* зонами гидротермального изменения вмещающих горных пород. Масштабное проявление трёх типов рудных сегрегаций (жил, прожилков и зон) является признаком формирования крупнейших запасов руд и золота. Так, запасы рассматриваемого объекта оценивают сейчас в 340 т золота с содержанием 1,7 г/т.

Рудная минерализация месторождения контролируется сопряженными зонами правосторонних и левосторонних сдвигов по системе субширотных разломов, ориентированных диагонально к ЮЮЗ-ССВ простираению зоны коллизии. Этот вывод сделан на основе анализа структурных данных об элементах залегания сдвиговых смещений,

зафиксированных в породах и рудах месторождения [3]. Однако данный вывод носит весьма общий характер, фактически, формулируя условия формирования коллизионной структуры золотоносной провинции в целом. Поэтому в представленной работе проведено описание условий формирования структуры рудоносного объекта на основе реконструкции параметров дорудных и внутрирудных *тектонических напряжений*. Исходным материалом для работы явились опубликованные данные об ориентировке 228 сдвигов в структуре месторождения [3]. Обоснованием для возможности выполнения такой работы явилась, установленная ранее, генетическая связь процессов эндогенного рудообразования со взбросовыми механизмами деформации земной коры, определявшими синрудные условия её объемного разуплотнения [4-6]. Отсюда, конкретной задачей работы являлся поиск подобных механизмов в истории развития месторождения Сукари. Результаты работы по описанию этого (взбросового) механизма деформации представлены на рисунке, отражающем смену параметров деформации в процессе развития структуры месторождения. Сравнение различных условий развития деформаций под действием максимальных касательных напряжений (с левосдвиговой компонентой тектонических движений) свидетельствует о полной схожести этих данных с данными о, преимущественно, субмеридиональном (ЮЮЗ-ССВ) и субширотном (ЗСЗ-ВЮВ) простирании рудоносных жил кварца (рис.1).



Литература

1. Helmy, H.M., Kaindl, R., Fritz, H., The Sukari gold mine, Eastern Desert-Egypt: structural setting, mineralogy and fluid inclusion study. *Mineralium Deposita*, 2004. 39, 495-511.
2. Шарафельдин Хани, Золоторудные месторождения северо-восточной части Аравийско-Нубийского щита. М., МГРИ-РГГРУ, 2017
3. Mohamed A. Abd El-Wahed, Hassan Hazz, Mohamed H.El-Behairy, Transpressional imbricate zones controlling gold mineralization in the Central Eastern Desert of Egypt., *Ore Geology Reviews*, 78, 2016, p.p. 424-446
4. Васильев Н.Ю., Мострюков А.О. Особенности рудолокализирующих условий деформации геологической среды в характеристиках тектонических полей напряжений. // Материалы XI Тектонического совещания «Фундаментальные проблемы геотектоники», М.: ГЕОС, 2007, Т.1, С.126-130
5. Васильев Н.Ю., Мострюков А.О., Сунцов В.А. Условия тектонического нагружения и прогноз перспективных участков месторождения Таловойс. В сб. Геология и полезные ископаемые Карелии, 2012, Вып.15, Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, с.77-93
6. Vassiliev N.Yur., Mostryukov A.O., Petrov V.A. Spatial-temporal changes of tectonic deformations and development of ore-genesis environment in endogenous deposits. Тезисы докладов X Международной школы-семинара «Физические основы прогнозирования разрушения горных пород» и VI Российско-китайского научно-технического форума «Проблемы нелинейной геомеханики на больших глубинах», Апатиты, 13-17 июня 2016 г., С.61-62.

ИССЛЕДОВАНИЕ АГИТАЦИОННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ПЕРВИЧНЫХ РУД

Чекушина Т.В.¹, Воробьев К.А.²

¹council-ras@bk.ru, Институт проблем комплексного освоения недр РАН, г. Москва, Россия
²k.vorobeyev98@mail.ru, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Васильковское золотоносное месторождение представлено двумя типами руд – первичными и окисленными. Первичные руды Васильковского месторождения в настоящее время не перерабатываются. Их переработка намечается методом сорбционного цианирования. Окисленные руды перерабатываются методом кучного выщелачивания [1].

Целью данной работы является установление возможности эффективного извлечения золота из первичных руд методом кучного выщелачивания.

1. Характеристика руды

В лабораторию ОАО «Васильковский ГОК» поступила технологическая проба первичной руды Васильковского месторождения в количестве 250 кг. Руда была продроблена и расфасована по классам. Определено содержание золота в классах и общей пробе, отобранной для изучения вещественного состава исследуемой руды.

Результаты пробирного, химического и атомно-абсорбционного спектрального анализа общей пробы приведены в таблице 1.

Таблица 1.
Химический состав первичной руды
Васильковского месторождения.

Анализируемый элемент, компонент	Содержание, г/т, %
Золото	3,9
Двуокись кремния	59,56
Окись алюминия	10,04
Медь	0,0077
Железо	2,8
Никель	0,0030
Кобальт	0,0036

Таблица 2.
Содержание золота в отдельных классах руды.

Класс, мм	Количество руды, кг	Содержание Au, г/т	Содержание Au в пробе, мг
+ 0 – 5	80	3,7	296
+ 5 – 10	80	3,1	248
+ 10 – 20	80	3,7	296

Последовательное извлечение золота из измельченной руды амальгамацией, цианированием, цианированием остатка солянокислотной обработки, выщелачиванием царской водкой и анализ золота в твердом остатке позволяет количественно оценить следующие формы золота [2].

Таблица 3.
Фазовый анализ на золото первичной руды
Васильковского месторождения.

Форма золота	Содержание золота в руде
--------------	--------------------------

	г/т	%
Золото свободное, амальгирующееся	2,1	53,85
Золото в сростках	1,1	28,20
Золото с кислоторастворимым покрытием	0,3	7,69
Золото, ассоциированное с сульфидами	0,3-0,4	7,69±10,25
Золото, заключенное в кварце	<0,1	<2,56

2. Исследование руды в агитационном режиме

Для определения максимально возможного извлечения золота цианированием руду крупностью 200 меш. перемешивали в течение 48 часов на лабораторном агитаторе.

Параметры процесса цианирования:

- отношение Ж:Т = 2:1
- концентрация цианида натрия 0,15%
- водородный показатель pH

По окончании процесса пульпу отфильтровывали, кек промывали водой, высушивали. В нем определяли остаточное содержание золота пробирным методом анализа.

Результаты опыта приведены в таблице 4.

Таблица 4.
Цианирование руды в агитационном режиме.

Исходная руда		Кек цианирования			Извлечение Au в раствор, %
Ве с, г	Количество Au, мкг	В ес, г	Содержание Au, г/т	Количество Au, мкг	
50 0	1950	4 97	0,7	347,9	82,1

Заключение

С целью определения возможности переработки первичной руды Васильковского месторождения по технологии кучного выщелачивания проведены:

1. Определен вещественный состав руды. По данным пробирного анализа содержание золота в средней пробе 3,9 г/т.

2. Рациональным анализом установлено, что 53,85% золота находится в виде свободного, 28,2% в виде сростков (растворимого в цианиде), 7,69% - с кислоторастворимым покрытием, 7,7-10,2% - ассоциировано с сульфидами.

3. По данным пробирного анализа содержание золота в отработанной руде составило: класс +0–5 мм – 2,2г/т; класс +5–10 мм – 2,2 г/т; класс +10–20 мм – 2,5 г/т.

4. За период испытаний извлечено золота в раствор: класс +0–5 мм – 2,18 г/т, извлечение 49,77% при расчетном исходном содержании 4,38 г/т; класс +5–10 мм – 1,32 г/т, извлечение 37,5% при расчетном исходном содержании 3,52 г/т; класс +10–20 мм – 1,06 г/т, извлечение 29,8 % при расчетном исходном содержании 3,56 г/т.

Литература

1. Vorob'ev A., Chekushina T., Vorob'ev K. Russian national technological initiative in the sphere of mineral resource usage // Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik. 2017. Т. 32. № 2. С. 1-8.
2. Vorob'ev A., Shchesnyak E., Singh R., Vorob'ev K. Transition to advance technologies of sub-soil use // Metallurgical and Mining Industry. 2017. № 2. С. 72-80.

S-VI

СЕКЦИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ГЕОРАДАРНОМ ЗОНДИРОВАНИИ

Абрамов В.Ю.
РУДН, Москва, Россия

Большое разнообразие морфологических, литологических и других типов россыпных месторождений в природе сгруппировано разными исследователями в разнородные классификации. Однако, по петрофизическим признакам подавляющее большинство россыпных месторождений можно представить как 3-хслойную геолого-геофизическую модель, состоящую (сверху-вниз) из "торфов", "песков" и плотика. Эта модель полностью согласуется с типизацией россыпей по генезису и условиям формирования, принятой в методических рекомендациях Государственной Комиссии по запасам Министерства природных ресурсов Российской Федерации (ГКЗ МПР РФ).

В качестве рабочих составных частей геолого-геофизической модели были выбраны следующие составляющие: Слои модели - Плотик, «пески» (включая пласт), «торфа». Параметры модели (от X_{min} – до X_{max} / среднее \bar{X}) - плотность (σ), эффективное электросопротивление (ρ), магнитная восприимчивость (μ), диэлектрическая проницаемость (ϵ). В отдельных случаях в качестве параметров используются плотность горных пород и скорость сейсмических волн (продольных и поперечных). Следует отметить, что сейсморазведочная аппаратура автором на россыпных месторождениях не применялась (использовались модификации эхолотов с частотой 50 – 400 кГц).

Для постановки на россыпных объектах геофизических поисково-разведочных методов очень важно, что эти три слоя петрофизически очень контрастны. Такая особенность строения россыпных месторождений диктует необходимость применения геофизических технологий, ориентированных на картирование горизонтально-слоистых сред с выделением в них контрастных вертикальных образований (карсты, зоны разломов и др.). Это, в первую очередь, различные модификации электромагнитных зондирований (частотное электромагнитное зондирование на частотах от 19 до 40 000 кГц - ЧЭЗ-СГ и радиоволновое зондирование на частотах 1 – 9 МГц - РВЗ), вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) и георадиолокация на частотах 50, 100 и 250 МГц – георадар). Вопрос о применимости различных геофизических технологий при поисках и оценке россыпных месторождений решается на основе учёта большого количества факторов. К числу этих факторов относятся: - протяжённость и ширина долин; - предполагаемая мощность торфов и песков; - наличие многолетней мерзлоты (сплошной, пятнистой или полосчатой); - величина продольного уклона долины россыпного месторождения; - размер водотока, пересекающего долину россыпного месторождения; - гранулометрические характеристики торфов и песков; - климатические условия (среднемесячные температуры, количество осадков, давление, влажность и пр.).

В качестве примеров приводятся результаты работ автора по россыпным месторождениям золота и алмазов на Урале, Магаданской области, Иркутской области и

Красноярском крае, Монголии, Африки (Рудничное, Викторовское, В. Енашимо, М. Тырыда, Северный Колчим, Волянка, Илья-Вож, Сигири, Зуун – Чулут и др.)

Пример - **Волянка**. Продуктивный пласт - галечники русла, поймы, I террасы, реке II-III террасы имеет следующий средний гранулометрический состав: +100 мм - 9%, -100+16 мм - 20%, -16+8 мм - 10%, -8+2 мм - 22%, -2+0,5 мм - 15% -0,5 мм - 15%. Его петрофизические свойства в целом характеризуются следующими величинами: эффективное электросопротивление (ρ) - 10-20 Ом*м, плотность (σ) - 2,12-2,23 г/см³, магнитная восприимчивость (μ) - 0,10-0,50 *10⁻³ ед.СИ, диэлектрическая проницаемость (ϵ) - 12-15 отн.ед.

Пример - **В. Енашимо**. Продуктивный пласт – крупнозернистые пески и галечники русла, поймы, I террасы, реке II террасы имеет следующий средний гранулометрический состав: +100 мм - 3%, -100+16 мм - 11%, -16+8 мм - 10%, -8+2 мм - 22%, -2+0,5 мм - 35% -0,5 мм - 19%. Его петрофизические свойства в целом характеризуются следующими величинами: эффективное электросопротивление (ρ) - 30-50 Ом*м, плотность (σ) - 2,15-2,29 г/см³, магнитная восприимчивость (μ) - 0,10-0,20 *10⁻³ ед.СИ, диэлектрическая проницаемость (ϵ) - 12-17 отн.ед.

Пример - **Викторовское**. Продуктивный пласт – склоновые пролювиальные и делювиальные отложения имеет следующий средний гранулометрический состав: +100 мм - 19%, -100+16 мм - 26%, -16+8 мм - 20%, -8+2 мм - 12%, -2+0,5 мм - 15% -0,5 мм - 8%. Его петрофизические свойства в целом характеризуются следующими величинами: эффективное электросопротивление (ρ) - 60-200 Ом*м, плотность (σ) - 2,22-2,37г/см³, магнитная восприимчивость (μ) - 0,05-0,50 *11⁻³ ед.СИ, диэлектрическая проницаемость (ϵ) - 7-10 отн.ед.

Пример - **Турген**. Продуктивный пласт - галечники русла, поймы, I террасы, реке II террасы имеет следующий средний гранулометрический состав: +100 мм - 8%, -100+16 мм - 21%, -16+8 мм - 11%, -8+2 мм - 21%, -2+0,5 мм - 15% -0,5 мм - 15%. Его петрофизические свойства в целом характеризуются следующими величинами: эффективное электросопротивление (ρ) - 30-50 Ом*м, плотность (σ) - 2,10-2,21 г/см³, магнитная восприимчивость (μ) - 0,25-1,50 *10⁻³ ед.СИ, диэлектрическая проницаемость (ϵ) - 13-18 отн.ед.

Пример - **Сигири**. Продуктивный пласт - галечники русла, поймы, I террасы, реке II-III террасы имеет следующий средний гранулометрический состав: +100 мм - 4%, -100+16 мм - 22%, -16+8 мм - 12%, -8+2 мм - 22%, -2+0,5 мм - 15% -0,5 мм - 25%. Его петрофизические свойства в целом характеризуются следующими величинами: эффективное электросопротивление (ρ) - 1-12 Ом*м, плотность (σ) - 2,22-2,33 г/см³, магнитная восприимчивость (μ) - 0,80-2,50 *10⁻³ ед.СИ, диэлектрическая проницаемость (ϵ) - 18-22 отн.ед.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ МОВ-ОГТ 2D ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЛЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ХМАО)

Айзетуллин Р.Н.

Ayzetullin88@yandex.ru, МГРИ-ПГГРУ, Москва, Россия

В рассматриваемой работе методом сейсморазведки был выбран метод отраженных волн (МОВ). Таким методом можно одновременно изучать осадочную толщу по многим горизонтам на различных глубинах вплоть до фундамента, а также структурно-тектоническое строение последнего. Данный метод обладает высокой разрешающей способностью, позволяя с большой детальностью изучать строение близко расположенных геологических неоднородностей. [1]

При наблюдении МОВ, используется метод общей глубинной точки (МОГТ), который характеризуется большими расстояниями возбуждения – прием и сравнительно небольшими расстояниями между пунктами возбуждения. [2] МОГТ выполняется по методике многократных перекрытий; повышает надежность прослеживания сейсмических горизонтов путем суммирования волн, отраженных от одних участков глубинных границ. [1]

Для проектирования работ была выбрана 2D сейсморазведка. Размерность системы наблюдений определяется пространством размещения пункта возбуждения (ПВ) и пункта приема (ПП). 2D сейсморазведка означает профилные наблюдения с многоканальной приемной расстановкой. [1]

Актуальность моделирования в сейсморазведке является послойное описание земли для построения последующих выводов. Альтернативным способом изучением строение земли является 3D моделирование. 3D моделирование позволяет получить объемное изображение изучаемого объекта. Для получения результатов 3D моделирования требуются больше ресурсов в виде программного обеспечения. Целью работы является построение модели по данным МОВ-ОГТ 2D, синтетических сейсмограмм и их обработки, и в завершении получить временной разрез.

При построении модели использовались следующие данные:

1. Центально-симметричная расстановка, состоящего из 65 ПВ и 129 ПП, с удалением -3200 м до 3200 м.
2. Шаг дискретизации 2 мс, длина записи: 3,4 с.
3. Скорость продольных волн, скорость поперечных волн, мощность слоев.

В качестве дополнительной информации были рассчитаны плотности горных пород через скорости продольных волн по формуле Гарднера (1) для всех слоев: [3]

$$\rho = 0,31 * V^{0,25}, \quad (1)$$

ρ - плотность слоя (г/см^3), V – скорость продольной волны (м/с).

Модель характеризует собой распределение физических свойств. Физическими свойствами в данной работе являются: скорость продольных волн, скорость поперечных волн, плотность. При построении модели необходимо было учесть отражающий горизонт Ф, так как он имеет форму антиклинали. Антиклиналь представляет собой выпуклый изгиб последовательно напластованных слоев, при котором внутренняя часть складки, сложена более древними породами, а внешняя — более молодыми. В качестве модели такого поднятия был выбран формы эллипсоида.

Также, стоит учесть в изучаемой модели, что в слое 6 скорость поперечных волн уменьшается в то время, как скорость продольных волн увеличивается. В слое 7 скорость продольных волн уменьшается, а скорость поперечных волн увеличивается. В слоях 6, 7 можно обосновать из-за антиклинали на отражающем горизонте Ф. После построения модели, далее идет формирование синтетической сейсмограммы. В качестве импульса для расчета синтетических трасс был взят затухающий импульс Риккера (2) с несущей частотой 30 Гц, описывающийся выражением: [4]

$$\omega(t) = (1 - 2 * (\frac{\omega}{2} * t)^2) * e^{-(\frac{\omega}{2} * t)^2}, \quad (2)$$

ω - круговая частота (Гц), t - время (сек.).

Синтетическим называют теоретические сейсмограммы определенного класса волн, рассчитанные для заданной формы исходного сейсмического импульса и заданной модели упругой среды. [1]

Отраженные волны делятся на однократно отраженные волны и кратные волны, также их называют многократно отраженные волны. Однократно отраженные волны образуются в результате однократного отражения от целевых границ раздела. Многократно отраженные волны несколько раз отражаются от границ изучаемой толщи. При изучении однократно отраженных волн, кратные волны являются основной помехой.

Процедуры обработки:

1. Учет геометрического расхождения.

Для компенсации ослабления интенсивности полезных волн по времени были протестированы следующие масштабирующие функции: t^1 , $t^{1,5}$, t^2 .

По результатам анализа сейсмограмм и суммарных разрезов выбрана функция усиления $t^{1,5}$.

2. Полосовой фильтр.

Для выделения полезного сигнала был применен полосой фильтр, который отфильтровывает помехи, но для этого нужно подобрать параметры. Для начала посмотреть данные и оценить уровень помех. Поможет в этом деле амплитудный спектр.

3. Коррекция кинематических поправок.

На этапе выбора скоростей был использован скоростной анализ, позволяющий анализировать одновременно вертикальные спектры скоростей, сейсмограммы ОСТ, по которым эти спектры были рассчитаны, и фрагменты временных разрезов с переменными скоростями, по которым оценивалось спрямление годографов отраженных волн.

4. Построение временного разреза.

Для этого, нам понадобится сортировка по общей глубинной точке, далее введем кинематические поправки, выберем пикировку скоростей, полученную в результате скоростного анализа, получим поток для суммирования данных по методу ОГТ.

5. Двумерная F-K фильтрация.

Двумерная F-K фильтрация служит для подавления волн-помех. Для подавления волн-помех с наклоном около 45 градусов в окне выделяем полигон, соответствующий волнам помехам. После нескольких итераций помехи были удалены.

В результате работы была построена модель, были получены синтетические сейсмограммы в формате SEG-Y и временной разрез. В качестве дальнейших процедур, предлагается процедура миграции, сделать переход из временного разреза в глубинный разрез для того, чтобы выполнить в дальнейшем интерпретацию данных.

Список литературы:

1. Боганик, Г.Н. Сейсморазведка [Основные методы сейсморазведки]/ Г.Н. Боганик, И.И. Гурвич – Тверь, издательство: АИС, 2006. - С. 127- 131, с. 212, с. 294.
2. Потапов, О.А. Технология полевых сейсморазведочных работ [Профильные сейсморазведочные работы МОВ по СМП]/ Потапов О.А. – Москва: Недра, 1987 – С. 149-165.
3. Каменев П.А. Оценки плотностей осадочных пород по данным акустического каротажа с использованием эмпирических соотношений на примере Сахалина// Вестник краунц. Науки о Земле – 2014 – С. 69-78.
4. Рабинович Е.В., Ганчин К.С., Пупышев И.М., Шефель Г.С. Модель сейсмического импульса, возникающего при гидравлическом взрыве пласта// Математические структуры и моделирование – 2014. №4(32) – с.105-111.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Аллагулова А.Р.

(Научный руководитель: старший преподаватель Посеренин А.И.)

Allagulova1998@mail.ru, МГРИ-РГГПУ, Москва, Россия

Основным элементом любой радиометрической аппаратуры является детектор – устройство, преобразующее поглощенную энергию ионизирующих излучений в удобные для регистрации сигналы (вспышки света, электрические импульсы), амплитуда или частота которых пропорциональны интенсивности излучения [3].

В современной радиометрической аппаратуре преимущественно используют сцинтилляционные детекторы. Сцинтилляционный детектор состоит из кристалла-сцинтиллятора (люминофора), в котором возникают световые вспышки (сцинтилляции), и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), преобразующего их в электрический импульс [2].

Главные требования к сцинтилляторам – высокая плотность вещества, большой атомный номер, значительные размеры, приближающиеся к средней длине пробега излучения, хорошее энергетическое разрешение, световой выход и длительность сцинтилляции [3].

В качестве сцинтилляторов используются различные вещества (твёрдые, жидкие, газообразные). Сцинтиллятор может быть органическим (кристаллы, пластики или жидкости) или неорганическим (кристаллы или стекла).

Неорганические сцинтилляторы представляют собой кристаллы неорганических солей. Для увеличения светового выхода таких сцинтилляторов вводятся специальные примеси других элементов, называемых активаторами (например, таллий). Сцинтиллятор, построенный на основе кристалла NaI(Tl), обладает большим световым выходом.

В качестве твёрдых неорганических сцинтилляторов используются NaI(Tl), CsI(Tl), LaBr₃(Ce), Bi₄Ge₃O₁₂(BGO) и др. Все они позволяют выращивать крупные кристаллы, которые затем соответствующим образом обрабатываются. Эти сцинтилляторы применяются для регистрации γ -излучения, так как обладают большим средним порядковым номером Z и высокой плотностью.

В полевой радиометрии ведущую роль играет сцинтиллятор NaI(Tl), однако при ударах дает трещины, а впитывая влагу, мутнеет, т.е. обладает большой гигроскопичностью. Малой гигроскопичностью обладают кристаллы CsI (Tl), которые могут использоваться в сцинтилляционных счётчиках даже в атмосферных условиях [1].

Бромид лантана, легированный церием, LaBr₃(Ce), обеспечивает наивысшее энергетическое разрешение среди сцинтилляторов, но его трудно и дорого выращивать и по своей природе он является радиоактивным из-за присутствия лантана-138 [5].

Сравнительно новыми являются сцинтилляторы на основе кристаллов ортогерманата висмута Bi₄Ge₃O₁₂ (Bismuth Germanate Oxide) - BGO. Имея большую плотность, по сравнению с NaI, BGO-детекторы обладают значительной большей эффективностью регистрации γ -излучения, особенно в высокоэнергетической области. К недостаткам BGO можно отнести малую светосилу и довольно невысокое разрешение, по сравнению с традиционными сцинтилляторами.

Ожидается внедрение в радиометрию кристаллов вольфрамата кадмия - CdWO₄ (CWO), по ряду характеристик превосходящих BGO. Также имея высокую эффективность регистрации, CWO-сцинтилляторы обладают лучшим разрешением, большим световым выходом и его низкой температурной зависимостью от окружающей температуры [1].

В качестве твёрдых органических сцинтилляторов часто используются монокристаллы антрацена (C₁₄H₁₀), стильбена (C₁₄H₁₂), нафталина (C₁₀H₈) с антраценом (5%). Все органические сцинтилляторы обладают по сравнению с неорганическими, меньшими временами высвечивания и меньшей плотностью. Детекторы на их основе отличаются

хорошей разрешающей способностью, обычно $10^{-6} - 10^{-8}$ сек, но меньшей эффективностью к γ -излучению. Обычно они, в различном конструктивном оформлении используются для регистрации и спектрометрии α - и β -частиц.

Пластмассовые и жидкие сцинтилляторы являются твердыми и жидкими растворами органических сцинтиллирующих веществ п-терфенил, 2,5-дефенил-оксозол в ксилоле, полистироле или других прозрачных пластмассах, в которые добавляют вещества – смесители спектра люменесценции (РОРОР, РРО). Данные сцинтилляторы применяют для регистрации быстрых и медленных нейтронов [1].

В 2005 году Ливерморская национальная лаборатория Лоуренса и национальная лаборатория Оук-Ридж, Университет Фиска, и Институт Приборов Радиационного Контроля в Уотертауне, Массачусетс, объединили усилия с Министерством национальной безопасности для разработки и оптимизации новых материалов для детектора. В итоге был получен детектор из иодида стронция, активированного европием, SrI_2 (Eu). Данный кристалл можно легко выращивать, а также он сопротивляется растрескиванию и не содержит радиоактивных компонентов. Материал обладает лучшей пропорциональностью светоотдачи, т.е. насколько светимость (деленная на энергию электронов) изменяется в зависимости от энергии электрона. Чем ближе отношение к горизонтальной линии, тем лучше ее производительность. По сравнению с существующими коммерческими материалами SrI_2 (Eu) наиболее приближен к этой горизонтальной линии. Сцинтиллятор SrI_2 (Eu) может быть легко включен в сцинтилляционные счетчики, которые производят многие компании. Он имеет широкий спектр применений, которые используют гамма-спектроскопию для идентификации радиоизотопов, в том числе при геофизических работах [5].

Существуют и новые разработки на основе сцинтилляторов, но они применяются не для поиска рудных месторождений, а для подземной регистрации космического излучения (ПРКИ) и определение плотности вышележащих толщ в шахте. В 2013 году американские ученые С. Жанг, Д.-М. Мей, П. Дэвис, Б. Вольтман, Ф. Грей разработали 12-литровый объемный нейтронный детектор, заполненный жидким сцинтиллятором EJ301, который измеряет нейтроны в подземной лаборатории, где расположены исследования темной материи и нейтрино. Впервые с использованием большого жидкого сцинтиллятора впервые показано нейтрон-гамма-разделение с использованием селекции формы импульса с несколькими нейтронами с энергией МэВ до сотен нейтронов МэВ [4].

Все это свидетельствует о перспективности развития поисков новых материалов для сцинтилляционных детекторов при регистрации ионизирующих излучений.

Список литературы

1. Бекман И.Н. Измерение ионизирующих излучений. Курс лекций. 2006. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://profbeckman.narod.ru/radiometr.files/L2_1_2.pdf. – (Дата обращения: 25.02.2018).
2. Бондаренко В.М., Демур Г.В., Савенко Е.И. Общий курс разведочной геофизики. / Учебник для ВУЗов. – М.: Norma. – 1998. – 304 с.
3. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка. / Учебник для ВУЗов. – Л.: Недра. – 1989. – 407 с.
4. Cornell University Librari [электронный ресурс] - Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1304.4536>. – Measuring Fast Neutrons with Large Liquid Scintillation Detector for Ultra-low Background Experiments - (Дата обращения: 25.02.2018).
5. Katie Walter. A Scintillating Radiation Detection Material / Katie Walter// Science & Technology review. – 2010. - 18 октября - № 10. – С. 10. Режим доступа: <https://str.lnl.gov/OctNov10/cherepy.html>. – (Дата обращения: 25.02.2018).

ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАПИЛЛЯРНОГО ДАВЛЕНИЯ

В. С. Афанасьев

vit_0643@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

При определении гидродинамических и добычных характеристик продуктивных пластов широко применяются результаты капилляриметрических исследований образцов горных пород. По кривым капиллярного давления оценивается доля связанной воды и рассчитываются относительные проницаемости (ОФП) для нефти или газа и пластовой воды. Кривые капиллярного давления представляют собой функциональную зависимость $P_k = f(K_g)$, имеют сложную гиперболическую форму и по своему виду различаются между собой для пород различной пористости и проницаемости.

До настоящего времени, несмотря на многочисленные исследования, выполненные многими учеными и специалистами в течение более чем 70 лет, не найдена единая математическая модель представления капиллярных кривых. В связи с этим, в основе применяемого способа расчетов ОФП лежит группирование определенных на отдельных образцах кернов кривых капиллярного давления дренирования по значениям пористости и абсолютной проницаемости пород коллекторов и расчет для этих групп осредненных кривых капиллярного давления с применением метода J -функции, предложенной Левереттом М. Далее, осредненные кривые капиллярного давления дренирования пересчитываются в кривые ОФП.

Для установления петрофизических закономерностей выполнено математическое моделирование полученных на кернах 150 кривых капиллярного давления дренирования в системе “газ-вода” для гранулярных терригенных пород кварцево-полевошпатового и полимиктового состава с различной глинистостью, отобранных на месторождениях нефти и газа, залегающих в отложениях девона, юры, мела. Образцы керна имели пористость, изменяющуюся в диапазоне 11÷38 %, абсолютную проницаемость по газу 0.1÷4000 мД, связанную воду 5÷50 %. Образцы насыщались водным раствором $NaCl$ с минерализацией 5÷213 г/л. В выборку были включены данные, отобранные из таблиц, содержащихся в отчетах подсчета запасов по различным месторождениям. Для математического анализа была разработана специальная программа для компьютера.

Математическое моделирование измеренных на кернах более 800 соотношений “капиллярное давление-доля воды” впервые доказано существование обобщенной петрофизической модели капиллярного давления.

В соответствии с этой моделью:

1. Дренирование несмачиваемого флюида (газ, нефть) в поровую среду, заполненную смачивающей жидкостью (водой), описывается формулой

$$P_k = K_{офп}^{-m} \cdot P_{к0},$$

(1)

2. Впитывание смачивающего флюида в поровую среду, заполненную несмачиваемым флюидом описывается формулой

$$P_{к.оп} = K_{офп}^m \cdot P_{к0} - 2P_{к0} = (K_{офп}^m - 2) \cdot P_{к0},$$

(2)

Величина $K_{офп}$ определяет долю водонасыщенности только фильтрующей части порового пространства, по которой возможно течение несмачивающего и смачивающего флюидов при действии капиллярных сил. Оно может быть рассчитано по выражению

$$K_{офп} = \frac{K_g - K_{г.св}}{(1 - K_{г.св})}, \quad (3)$$

где K_g - текущее значение содержания в поровой среде смачивающего флюида, для которого рассчитываются капиллярные давления, $K_{г.св}$ соответствует объему истинно не вытесняемой из порового пространства смачивающей жидкости, соответствующей условию

$P_k \rightarrow \infty$ ($1/P_k \rightarrow 0$). В соответствии с последним выражением величину $K_{в.св}$ легко определить, если кривую капиллярного давления дренирования изобразить в виде $1/P_k = f(K_в)$, экстраполировать кривую до пересечения с осью X графика (ось $K_в$) и определить искомую величину $K_{в.св}$ в точке графика $Y = 1/P_k = 0$.

Величина $P_{к0}$ соответствует точке начала дренирования несмачивающего флюида в поровую среду. Этой точке соответствует величина максимально возможной насыщенности пор смачивающим флюидом $K_{вм}$ при условии еще действия капиллярных сил. Это предельное насыщение пор при прекращении действия капиллярных сил впитывания, т.е. когда $P_{к.вп}$ становится равным нулю. По существу величина $K_{вм}$ определяет максимально возможную долю остаточных несмачиваемых флюидов (нефти, газа) в поровой среде нефтегазонасыщенного коллектора: $K_{ню} = 1 - K_{вм}$.

Установлено, что коэффициент m в формулах (1) и (2) для всех исследованных кривых капиллярного давления, полученных методами полупроницаемой мембраны, центрифугирования и ртутной пропитки (порометрии) изменяется в узком диапазоне $m \approx 1.7 \div 1.73$. Его следует рассматривать как константу, равную $m \approx 1.7$.

Такой результат мы ожидали, т.к. ранее выполненные нами исследования электропроводности поровых сред показали, что при распространении электрического тока в электрически нейтральной поровой среде, т.е. когда отсутствует электрическое взаимодействие ионов водного раствора с поверхностью поровых каналов и, таким образом, по каналам движутся свободные ионы, коэффициент $m \approx 1.7$. Этот феномен можно объяснить тем, что поровая среда горной породы, формируемая в процессе совместного действия физически и химически закономерных процессов, не является случайно построенной (как это представляется многим), а имеет физически обоснованную структуру. В этом случае константа m имеет смысл некоторого *характеристического* (координационного) числа поровой среды. Имеется целый ряд теоретических и эмпирических фактов, опубликованных рядом исследователей в области петрофизики в течение последних 60 лет, которые подтверждают такое наше утверждение.

При дренировании несмачивающих флюидов (углеводородов) в поровой среде они контактируют со смачивающей жидкостью (водой), которая в гидрофильной среде связана со стенками пор и создает каналы, внутри которых течет несмачивающая жидкость. При этом отсутствует взаимодействие этих флюидов. В этом случае можно было предположить, что структурный коэффициент m в формулах (1) и (2), описывающих капиллярные силы, контролирующие течение флюидов внутри фильтрующих каналов поровой среды, наследующих извилистость и структуру порового пространства породы, также должен иметь значение, близкое к величине $m \approx 1.7$. Выполненные нами исследования капиллярных кривых дренирования как раз и подтвердили сделанное предположение.

Для расчета кривой капиллярного давления по формулам (1) или (2) необходимо знать только два параметра - $K_{в.св}$ и $P_{к0}$. Первая величина может быть определена по данным интерпретации ГИС. Для определения параметра $P_{к0}$ установлена корреляционная связь, позволяющая рассчитать эту величину по значению абсолютной проницаемости по газу, рассчитываемому при интерпретации данных ГИС. Эта формула имеет вид

$$P_{к0} = \frac{0.809}{\sqrt[1.73]{K_{np}}} \quad (4)$$

Коэффициент корреляции этой связи составляет 0.954.

Петрофизическая модель, представленная формулами (1) и (2), позволяет по измерениям капиллярного давления на керне определить долю связанной воды $K_{в.св}$, начальное давление вытеснения $P_{к0}$ и оценить долю остаточной нефти $K_{ню}$, по данным ГИС - рассчитать кривые капиллярного давления для любого прослоя коллекторов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТОЛЩИ ГОРНЫХ ПОРОД, ПОЛУЧЕННОЙ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС

Афанасьев В.С.¹, Афанасьев С.В.², Антонович А.А.²

¹ vit_0643@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

² skw@gintel.ru, ООО “Геоинформационные технологии и системы”,
Москва, Россия

Геомеханические свойства горных пород и геофлюидалные давления определяют эффективность разработки месторождений углеводородного сырья, а также качество бурения и строительства скважин. Особенно это касается неоднородных и низко проницаемых пластов, в которых увеличение и поддержание продуктивности скважин в настоящее время возможно только при проведении гидравлического разрыва пласта (ГРП). Примером таких отложений могут служить низко продуктивные пласты меловых и юрских отложений Западной Сибири.

Выполненный цикл научно-исследовательских и методических работ позволил создать «Методику автоматизированного восстановления по данным ГИС свойств пород в терригенном разрезе (методику ТАВС)», базирующуюся на использовании системы обобщенных петрофизических моделей. Эта методика обеспечивает определение структурно-минералогических и флюидалных моделей всех литологических типов пород, слагающих разрез, и получение геологических, геомеханических и скоростных свойств терригенных пород.

Интерпретация данных ГИС при определении геомеханических свойств пород для каждого прослоя в интервале скважины состоит из трех этапов:

1. Определение структурно-минералогической и флюидалной моделей породы и расчет теоретических значений физических свойств пород, в том числе, интервального времени пробега продольной акустической волны Δt_p и объемной плотности δ_n .

2. Определение по обоснованной авторами корреляционной модели, устанавливающей связь коэффициента бокового распора породы $K_v = \nu/(1-\nu)$, а, следовательно, коэффициента Пуассона ν , как функции объемной структурно-минералогической модели породы, и расчет величин скоростей продольной V_p и поперечной V_s волн, акустической жесткости среды $\delta_n V_p$ и модуля Юнга E .

3. С использованием коэффициента Пуассона ν послойно (через 0.2 м) в пределах интервала в скважине рассчитывается горизонтальное напряжение пород σ_h по формуле:

$$\sigma_h = \sigma_{ci} = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_z + \alpha \frac{1-2\nu}{1-\nu} P_{nl},$$

где σ_h – минимальное горизонтальное напряжение, принятое равным давлению смыкания (закрытия) трещин ГРП σ_{ci} ; σ_z – вертикальное напряжение (горное давление); α – коэффициент порозластичности ($0.7 \leq \alpha \leq 1$); P_{nl} – пластовое давление.

Горное давление (далее - геодавление) в кровле интервала ГРП ($P_{geo} = \sigma_z$) рассчитывается по данным ГИС по вышележащему интервалу всего разреза скважины во всех прослоях глин с учетом возможного размыва отложений, выявленных в разрезе перерывов в осадконакоплении, разрывных нарушений, зон АВЦД. Комплекс ГИС включает электрический каротаж для определения удельного электрического сопротивления пород, кривые методов ПС и/или ГК, кавернометрии для выделения в разрезе интервалов глин и учета влияния условий измерений в скважинах. Если в комплексе данных ГИС имеются кривые объемной плотности по ГК, то они используются для оценки или уточнения плотности пород в интервалах их представления в разрезе. Коэффициент порозластичности α для пород коллекторов обычно находится в диапазоне от 0.7 (для слабых пород) до 1 (для прочных пород). Для рассматриваемых меловых низко проницаемых коллекторов Западной Сибири α , в среднем, составляет 0.86. Эту величину можно уточнить путем математического моделирования данных по скважинам с проведенными операциями ГРП.

Давление гидравлического разрыва (гидроразрыва) пласта $P_{ГРП}$, или давление инициации трещины, соответствует давлению в скважине, которое приводит к растрескиванию породы (нарушению её целостности). Избыточное давление промывочной жидкости преодолевает локальное напряжение и геомеханическую прочность породы, образуя трещину или сеть трещин, обычно проходящих вертикально вдоль направления максимального горизонтального напряжения. Это направление можно диагностировать увеличением бокового напряжения в геологической среде, а в скважине уменьшением диаметра сечения ствола. Последнее определяется в точке глубины скважины по данным профилеметрии.

Величину давления гидроразрыва $P_{ГРП}$ рассчитать по известным величинам нельзя, так как оно зависит не только от типа вскрываемых пород, но и от условий их вскрытия. Значение $P_{ГРП}$ в предлагаемом нами методическом подходе оценивается на основе корреляционных построений между величинами $P_{ГРП}$ и σ_h для скважин с близкими условиями вскрытия, в которых уже выполнялись процедуры ГРП и известны оба значения. В целом, на основе математического моделирования многочисленных данных ГРП на целом ряде месторождениях установлено, что $P_{ГРП} = k_1 * \sigma_h$, где $k_1 = 1.2 \div 2.2$ и $P_{ГРП} = k_2 * \sigma_z$, где $k_2 = 1.0 \div 1.2$.

По проектируемому интервалу ГРП рассчитывается среднее значение минимального горизонтального напряжения, которое будет с определенной погрешностью совпадать с ожидаемым давлением закрытия трещины σ_{cl} , полученным на основе обработки результатов мини-ГРП или основного ГРП. Также осуществляется оценка среднего значения давления инициирования трещины $P_{ГРП}$ и его возможный диапазон изменения.

Полученные данные позволяют в процессе дизайна ГРП принять объективные параметры для модельных расчетов параметров ГРП, а в процессе реализации ГРП – более корректно контролировать реальные величины давления гидроразрыва $P_{ГРП}$.

По данным определений по комплексу ГИС величин боковых напряжений по скважинам, пробуренным на месторождении, можно построить двухмерную карту и трехмерную модель пространственного изменения горизонтальных боковых напряжений σ_h в геологической толще расположения изучаемого комплекса пород или продуктивного пласта.

Карта боковых напряжений создается на основе интерполяции среднезвешенных по толщине интервала разреза или толщине продуктивного пласта величин боковых напряжений. Она позволяет выявить некоторые важные закономерности влияния боковых напряжений на нефтегазонасыщение коллекторов и обводненность добываемой продукции в пределах территории распространения месторождения углеводородов.

На основе использования карт боковых напряжений на изученном месторождении нами установлено увеличение коэффициента нефтенасыщения коллекторов и уменьшение обводненности добываемой продукции с повышением боковых напряжений. Данное явление можно объяснить изменением структуры порового пространства под действием избыточных давлений, приводящих к уменьшению размеров пор и росту капиллярных давлений, “засасывающих” в поры углеводороды. Обнаруженное явление доказывает значительную роль капиллярных сил, контролирующих локальные перепады давлений в толще, наряду с пластовым и гидростатическим давлениями. Также были обнаружены закономерности влияния боковых напряжений на добычные характеристики стволов горизонтальных скважин. Установлено, что расположение горизонтального участка ствола скважин поперек направления распространения трещин, которые возникают в толще в направлении действия максимальных горизонтальных напряжений, способствует наиболее благоприятной эксплуатации – наблюдается повышенный средне суточный дебит скважины и пониженное обводнение.

Знание фактического изменения боковых напряжений в толще является одним из факторов снижения геологических рисков при обосновании процессов разработки залежи на месторождении. Исследование пространственного изменения боковых напряжений в пределах площади распространения месторождения позволяет получить дополнительную геологическую информацию и использовать ее на стадии составления проекта горизонтальной, наклонной скважины или бокового ствола направления при обосновании направления бурения горизонтального участка ствола скважины в пределах продуктивного пласта.

СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ

Боганик В.Н.

vnboganik@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Снижение процента ошибок в нашей методике [Литература] при выделении в коллекторах продуктивных интервалов по сравнению с местной методикой демонстрируется ниже (таблица 1). В каждой серии примеров (1-9) верхняя строчка соответствует эффективности обработки местными геофизиками. Последующие строки в примере соответствуют результатам обработки с использованием наших подходов.

Таблица 1. Снижения ошибок при выделении продуктивных коллекторов по данным ГИС

Пример	Год проведения работ, месторождение, регион, литология, геологический возраст	Объем выборки	Разделяющий параметр	% ошибки	Особенность обработки
1	1981 г., Баклановское, Пермская область, карбонаты Турнея	10 скв.	$K_{нг}$	24	$K_{п} (\alpha_{гк}, \alpha_{нгк})$
2	1981 г., Баклановское, Пермская область, карбонаты Турнея	20 скв.	$K_{нг}$	18	$K_{п} (\rho_{п} + \rho_{зп})$
			$K_{нг}$	9	$K_{п} (A_{гк}, A_{нгк}, A_{пс}, A_{гк+нгк})$
			$\rho_{бкз}$	24	$\rho_{п}$ по данным БКЗ
			$K_{нг}$	6	$K_{п} (A_{гк}, A_{нгк}, A_{пс}, A_{гк+нгк})$
3	1984 г., Мечеткинское, Саратовская область, песчаники Девона	78 слоев	$R_{н}$	14	$K_{п} (\alpha_{нгк})$
			$R_{н}$	10	$K_{п} (A_{\Delta t})$ после калибровки Δt
			$A_{бк}$	8	на $K_{п,кern}$ После калибровки кривой бокового каротажа $\rho_{бк}$ на керновую $K_{п,кern}$ с получением $A_{бк}$
4	1985 г., Ардатовское, Башкирия, карбонаты Турнейского яруса	5 скв.	$\rho_{бкз}$	30	$\rho_{п}$ по данным БКЗ
			$\sigma_{ик}$	25	ИК с поправками за скин-фактор и ограниченную толщину
			$A_{стик}$	20	Нет поправок, есть нормализация ИК
5	1985 г., Ардатовское, Башкирия, карбонаты Верхнефаменского подъяруса	5 скв.	$\rho_{бкз}$	16	По данным БКЗ
			ИК	19	ИК с поправками за скин-фактор и ограниченную толщину слоя
			$A_{ик}$	6	Нет поправок, есть нормализация ИК
6	1994 г., Ловинское, Шаимский район, песчаники пласта Т	10 скв.	ИК	23	До нормализации ИК
			$K_{в}$	17	$K_{п} (\alpha_{пс})$
			$A_{ик}$	11	После нормализации ИК
			$K_{в}$	7	После калибровки $\alpha_{пс}$ и $J_{икт}$ на $K_{п,кern}$, с последующим определением $K_{п}$ по совокупности 2-х оценок
7	1995 г., Барсуковское, Западн. Сибирь, песчаники пластов ПК19-20	10 скв.	ИК	11	До нормализации ИК
			$A_{ик}$	7	После нормализации ИК

8	1995 г., Комсомольское, Западная Сибирь, песчаники пластов ПК6-8	11 скв.	ИК $A_{ик}$ $A_{ик,г\text{л}+ал}$	17 15 9	До нормализации ИК После нормализации ИК После правки $A_{ик}$ за влияние $k_{г\text{л}+пес}$
9	1995 г., Комсомольское, Западная Сибирь, песчаники пласта АП5	10 скв.	ИК $A_{ик}$ $A_{ик,г\text{л}+ал}$ $A_{ик,пес-г\text{л}}$ $A_{ик,пес-г\text{л},г\text{л}+ал}$	14 8 4 2 1	Кривая ИК до нормализации ИК Кривая ИК после нормализации ИК Кривая $A_{ик}$ после введения поправки за влияние $k_{г\text{л}+ал}$ Кривая $A_{ик}$ после нормировки по линии «песков» и «глин» После уменьшения влияние $k_{г\text{л}+ал}$

В таблице 1 часто используется слово «нормализация». В отличие от традиционных методов нормализации, применяемых в производственной и научной практике (в России и за рубежом), мы используем нормализацию каротажных кривых «универсальным методом» [Литература]. В универсальной методике нормализации используется не один или два «опорных» пласта, а от 1 до 20 опорных пластов и от 1 до 7 статистических характеристик. Причем выбираются те пласты и те статистические характеристики, которые обеспечивают снижение процента ошибок по сравнению со всеми конкурирующими вариантами, не взирая на авторитет их авторов.

Ниже приведен неожиданный пример, когда повышение точности определения открытой пористости достигается использованием не 1 или 2 методов, а сразу всех имеющихся 4-ех методов и их градиентов (таблица 2) [Литература].

Таблица 2. Квадрат коэффициента корреляции (R^2) между пористостями по усредненному керну в пределах слоя и соответствующего слоя по данным ГИС.

Пример	Нормализованные кривые ГИС по отдельным методам и по их совокупности с учетом погрешностей, которые меняются по диапазону искомого параметра	R^2 по одной оценке или по совокупностям оценок с учетом их погрешностей
1	$A_{пс}$	0,53
2	$A_{гк}$	0,88
3	Град $A_{гк}$	0,76
4	$A_{нк\text{т}}$	0,92
5	Град $A_{нк\text{т}}$	0,58
6	$\rho_{кс}$	0,30
7	Град $\rho_{кс}$	0,63
8	$A_{пс}$, $A_{гк}$, Град $A_{гк}$, $A_{нк\text{т}}$, Град $A_{нк\text{т}}$, $\rho_{кс}$, Град $\rho_{кс}$	0,99
9	$A_{пс}$, $A_{гк}$, Град $A_{гк}$, $A_{нк\text{т}}$, Град $A_{нк\text{т}}$, Град $\rho_{кс}$	0,99
10	$A_{гк}$, Град $A_{гк}$, $A_{нк\text{т}}$, Град $A_{нк\text{т}}$, Град $\rho_{кс}$	0,98
11	$A_{гк}$, Град $A_{гк}$, $A_{нк\text{т}}$, Град $\rho_{кс}$	0,98
12	$A_{гк}$, Град $A_{гк}$, $A_{нк\text{т}}$	0,98
13	$A_{гк}$, $A_{нк\text{т}}$	0,91

Примечание.

В таблице 2 для определения открытой пористости использованы четыре каротажных метода (ПС, ГК, НКТ, КС), значения которых нормализованы универсальным методом, использованы градиенты нормализованных каротажных кривых. В этих условиях каждое значение и его градиент «работает» на повышение значения R^2 . В итоге получаем $R^2=0,99$.

Литература

1. Боганик В. Н. ГИС-эффект. Методики эффективной обработки результатов геофизических исследований скважин на этапах выдачи заключения по каротажу и подсчета запасов углеводородов. – М.: «Сам полиграфист», 2017. – 176 с., ил.

ТЕХНОЛОГИЯ ВВЕДЕНИЯ ПОПРАВОК ЗА ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ НА ИЗМЕРЯЕМУЮ ВЕЛИЧИНУ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА С ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Бондаренко В.М., Посеренин А.И.

bonvladimir@yandex.ru, poserenin83@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Радон – радиоактивный газ без цвета, вкуса и запаха – способен накапливаться в жилых и служебных помещениях. Значительные его концентрации ($C_{Rn} > 200$ Бк/м³) приводят к повышению риска онкологических заболеваний дыхательных путей человека.

Основным поставщиком радона в помещениях, особенно в сельских домах, являются горные породы, грунты, почвы, поэтому участки будущей застройки исследуются по величине плотности потока радона (ППР) с земной поверхности, величина которой нормируется Нормами радиационной безопасности (НРБ) [3].

Измерения ППР в Российской Федерации выполняются комплектом аппаратуры «Камера-01» [4]. Детектором радона является сорбционная колонка, заполненная активированным углем. Скорость адсорбции активированным углем ω зависит от влажности W , температуры T , давления P и концентрации радона C_{Rn} в атмосферном воздухе [1]. Но организации, которые выполняют измерения ППР, не учитывают зависимость количества сорбируемого радона от вариаций физических параметров атмосферы, которые изменяют скорость адсорбции активированного угля, так как в инструкции по эксплуатации «Камера-01» это влияние игнорируется.

На участках будущей застройки проводятся разовые измерения ППР [2], которая в зависимости от погодных условий может отличаться на десятки и даже сотни процентов от данных, полученных в другое время. Следовательно, необходимо вводить соответствующие поправки и приводить измеренные данные ППР к средним за неделю, сезон или год физическим параметрам атмосферы для правильной оценки радоноопасности территории.

Технология введения поправок предусматривает экспериментальное определение природной зависимости ППР от влажности, температуры и давления приземного слоя атмосферы на объем сорбируемого радона. Исследования показали, что природные зависимости обратны зависимостям ω от W , T и P .

Введение указанных поправок в измеренные величины ППР привело к надежному в 4 и более раз аномальному повышению ППР в период увеличения угловой скорости вращения Земли, когда возрастает центробежная сила, и радон как газ, который в 8 раз тяжелее воздуха, начинает интенсивно поступать в атмосферу.

Указанные принципы введения поправок справедливы и для обеспечения высокоточной радоновой съемки, решающей различные задачи геологоразведки (поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, структурное картирование, выделение карстовых зон) и геодинамики (прогноз землетрясений и оползневых процессов).

При реализации высокоточной радоновой съемки, кроме указанного необходимо учитывать вариации физических свойств приповерхностных грунтов. Важнейшими из них являются влажность и температура, между которыми существует устойчивая обратная корреляционная связь: с повышением температуры понижается влажность. ППР с земной поверхности будет меняться как функция вариации влажности W , т.к. часть радона будет переходить, согласно закону Генри, из газовой фазы в жидкую и обратно в зависимости от соотношения объема этих фаз, а также температуры жидкости.

Уравнения корреляции были получены по выборкам, включающим 160 измерений ППР и 160 измерений влажности W , и показали, что с уменьшением W возрастает ППР. При этом

оказалось, что на величину ППР в большей степени влияет W слоя почвы, залегающего на глубине 0,15 м, чем на глубине 0,05 м.

Влажность почвы зависит не только от количества атмосферных осадков, но и от температуры почвы, поэтому при исследовании зависимости ППР от W из общего массива данных были выбраны пары $Q_{Rn} - W$ для постоянной температуры ($21 \pm 1^\circ\text{C}$). Это позволило выявить надежную ($R^2 = 0,86$) обратную корреляционную зависимость между Q_{Rn} и W.

Влажность грунта обусловлена наличием воды в двух фазах: жидкой и парообразной. Пары воды вместе с захваченным радоном переносятся из грунта в приземную атмосферу. На этот процесс влияет атмосферное давление P: высокое давление препятствует выходу пара в атмосферу, а при низком давлении, наоборот, больше пара покинет грунт. Этот эффект был учтен в уравнении корреляции $Q_{Rn} - W$.

Поправка за влияние вариации влажности почв на величину ППР вводилась путем приведения значений ППР к $W = 0\%$, при которой общая пористость становится полностью открытой, что обеспечивает максимальный перенос радона к земной поверхности. После введения поправки за переменную влажность грунта, фоновая величина ППР достигла 150, а аномальная 200 $\text{мБк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, а относительный аномальный эффект снизился до 30 %.

Органические частицы почвы являются хорошими сорбентами радона. Коэффициент сорбции радона почвой ω меняется квазизэкспоненциально при изменении температуры, поэтому измеряемая величина ППР будет зависеть от температуры почвы.

Поправка за влияние пространственно-временных вариаций температуры почвы на величину измеренной ППР вводилась по уравнению корреляции, полученному по результатам синхронных измерений температуры почвы на глубине 0,15 м и ППР. Температура приведения была выбрана 100°C , при которой ω почвы близок к нулю, и сформированный в приповерхностном слое почвы поток радона, не сорбируясь почвой, переносится в атмосферу.

Повышение температуры и понижение давления приземного слоя атмосферы при определенном фазовом сдвиге приводит к появлению ложного предвестника геодинамического явления в виде положительной временной аномалии объемной активности радона.

В итоге введение указанных поправок фоновые значения ППР выровнялись на уровне 260, а аномальные – на уровне 350 $\text{мБк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Относительный аномальный эффект возрос до 35 %, а первоначальный достигал лишь 15%.

Таким образом, введение указанных поправок обеспечивает:

- выявление временных периодов и территорий с максимальной величиной ППР, иногда превышающей нормативные уровни, что повышает надежность оценки радоноопасности участков застройки;
- реализацию высокоточной радоновой съемки с комплектом аппаратуры «Камера-01», позволяющей выявлять «слабые», соизмеримые с дисперсией поля, радоновой аномалии;
- повышение надежности прогноза геодинамических явлений.

Литература

1. Брунауер С. Адсорбция газов и паров. / М.: Изд. иностр. лит. 1948. – Т.1. – 253 с.
2. Мареный А.М., Микляев П.С., Петрова Т.Б. и др. Временные флуктуации плотности потока радона на территории Москвы. // АНРИ. 2011. - №1. – С. 23-36.
3. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). / М.: ФЦГиЭ. – 2009. – 100 с.
4. Технический паспорт прибора «Комплекс измерительный для мониторинга радона «Камера-01». Научно-технический центр «Нитон». – 2011. – 23 с.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЛУБИННЫХ ИСТОЧНИКАХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ НА ВОСТОЧНО-ИНДИЙСКОМ ХРЕБТЕ (ВИХ)

Веклич И.А., Иваненко А.Н., Левченко О.В.

Институт Океанологии РАН, Москва, Россия

Весной 2017 года, впервые за последние четверть века, российские ученые из трех академических институтов – ИОРАН, ТОИ и ГЕОХИ провели комплексные геофизические исследования в Индийском океане. Целью этих работ являлось изучение особенностей строения дна в районе Восточно-Индийского хребта (хребет 90-го градуса) и т.н. зоны внутриплитных дислокаций в центральной котловине Индийского океана. Исследовалось отражение этих структур в геофизических полях с целью установления их глубинной природы и выявления признаков неотектонических процессов.

Морская магнитная съемка выполнялась коллективом авторов (ИОРАН) с помощью магнитометра МПМГ-4 разработки ООО «Импеданс», показавшем исключительную надежность при выполнении более 5000 погонных миль съемки. Также использованы данные (более чем 3500 погонных миль) из базы Geodas. Это позволило выполнить высокоточное картирование магнитных аномалий в изучаемых районах. Для картирования рельефа дна использовался многолучевой эхолот ATLAS HYDROSWEEP DS-2 («Мультибим»). Сейсмоакустические исследования осадочного чехла велись с помощью параметрического высокоразрешающего профилографа ATLAS PARASOUND DS-2 («Парасаунд»).

Работы проводились на пяти полигонах – трех в пределах ВИХ и двух в зоне дислокаций, а также на двух микрополигонах над отдельно стоящими подводными горами и региональных профилях между полигонами. В качестве примера ниже приводятся данные по наиболее характерным с точки зрения объектов исследования полигонам – 1-й (ВИХ) и 4-й, 5-й – зона внутриплитных дислокаций.

Положение полигона 1 совпадает с положением полигона 1 экспедиции KNOX06RR американского исследовательского судна «Roger Revelle» в 2007 г. в районе скважины 758 проекта ODP и приурочено к двум небольшим подводным горам, расположенным в месте сочленения двух массивных фрагментов ВИХ (рис. 1а). Поскольку авторский коллектив располагает первичными данными и из экспедиции KNOX06RR, планирование галсов и обработка материалов велась совместно, что позволило существенно дополнить и детализировать материалы 2007 года.

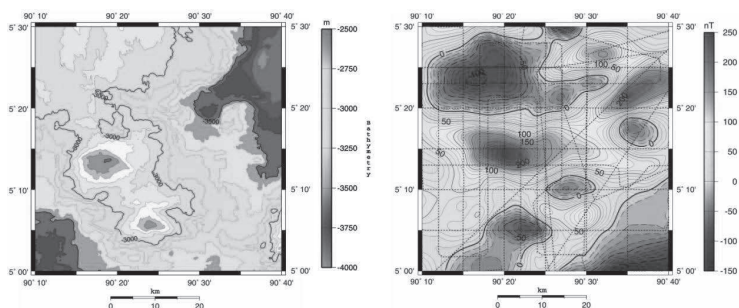


Рис. 1. Рельеф (а) и аномальное магнитное поле (б) на полигоне 1.

Полигон 4 рассматривался как весьма важный объект, поскольку был частью достаточно уникальной области, где развиты своеобразные дислокации, природа которых во многом не ясна. Магнитные аномалии на полигоне характеризуются высокой интенсивностью и неоднородностью. В целом преобладают локальные интенсивные знакопеременные аномалии, приуроченные к отдельным морфоструктурным элементам, либо даже не связанные напрямую с особенностями рельефа (рис. 2). В то же время наблюдаются очевидные СВ и СЗ тренды в простирании аномалий либо их цепочек. СВ простирание аномалий преобладает в СВ части полигона и представлено двумя мощными линейными элементами, совпадающими в плане со складками рельефа, а СЗ простирание – в западной части исследованной области. Как и в районе ВИХ, нельзя не отметить наличие высокоинтенсивных (до 550 нТл) знакопеременных аномалий, приуроченных к относительно небольшим формам рельефа. Спектральный анализ аномалий по всей площади дал усредненную оценку положения верхних и нижних кромок источников аномалий на полигоне. Они неожиданно оказались довольно глубокими, 7,6 и 25,5 км соответственно (3 и 22 км ниже поверхности дна), т.е. магнитоактивный слой на полигоне простирается вглубь далеко за пределы общепринятых моделей магнитной структуры океанской литосферы и распространяется не только на кору, но и на верхи мантии.

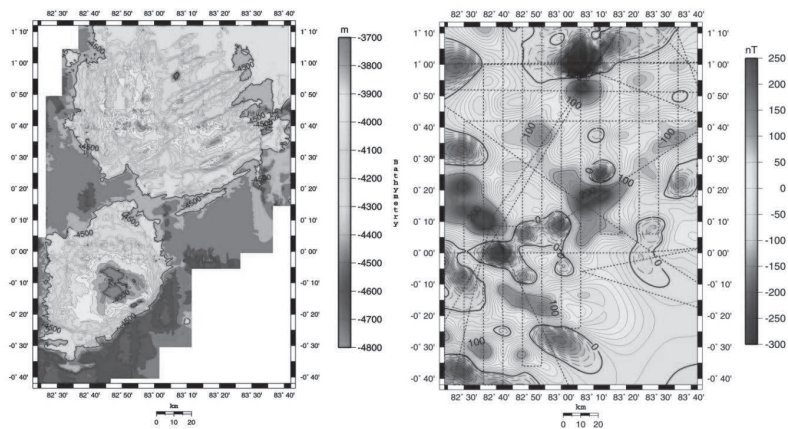


Рис. 2. Рельеф (а) и аномальное магнитное поле (б) на полигоне 4.

В результате выполненной магнитной съемки в недостаточно изученном районе Индийского океана получены обширные новые данные, которые позволяют:

- выяснить природу источников магнитных аномалий в районе ВИХ и зоны внутриплитных деформаций;
- определить палеошироту образования и геологическую природу отдельных магнитовозмущающих объектов в изучаемых районах;
- построить модели глубинного строения магнитоактивного слоя для района ВИХ и зоны внутриплитных деформаций.

Литература: 1. Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. Blakely Richard J. (EN), «Gardners Books».

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЛОТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ФУНДАМЕНТА ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ

Воронова Т.А., Муравина О.М., Глазнев В.Н.
voronova28@yandex.ru, Воронежский госуниверситет, Воронеж, Россия

Изучение плотностного строения фундамента платформенных территориях основано на инверсии данных гравиметрии для верхней части коры. Технология плотностного моделирования верхней коры Воронежского кристаллического массива (ВКМ) основана на использовании геолого-петрофизических данных по региону и развитых методах инверсии гравитационного поля.

При плотностном моделировании территории ВКМ учитывался вклад неоднородного осадочного чехла в наблюдаемое гравитационное поле [1, 2]. В дальнейшем область решения обратной задачи гравиметрии ограничивалась по вертикали положением «гравиактивного» слоя верхней коры, оценка которого определялась на основе стохастических моделей среды по локальным аномалиям поля [3, 4]. Формирование модели начального приближения изучаемой среды основывалось на сведениях о составе и физических свойствах кристаллических пород фундамента ВКМ, обобщённых в сводной базе петрофизических данных по региону [5, 6]. Обоснованное включение этих материалов в процедуру интерпретации базировалось на известных принципах робастного оценивания и развитых статистических методах идентификации геологических комплексов по их физическим свойствам [7, 8]. Аномалии поля силы тяжести, использованные для решения обратной задачи гравиметрии, были рассчитаны относительно новой созданной трёхмерной региональной плотностной модели литосферы ВКМ [9 - 11], методология построения которой аналогична тому, как это было сделано для Фенноскандинавского щита [12].

В реализованной технологии инверсии гравиметрических данных использовался метод «нормального» решения обратной задачи [13, 14], использующий априорно заданные весовые функции решения, определяемые начальным приближением модели решения. В процедуре инверсии использовался метод «локального перераспределения» невязок, который улучшает пространственную дифференциацию получаемого решения. Важным моментом в моделировании является также рекурсивный алгоритм решения трёхмерной прямой задачи гравиметрии [14, 15], который позволил создать эффективный по времени итерационный алгоритм инверсии. Реализация изложенного подхода была продемонстрирована при детальном плотностном моделировании ряда участков на территории ВКМ [17 - 20].

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 18-05-00226.

Литература

1. Муравина О.М., Жаворонкин В.И., Глазнев В.Н. Петрофизическая характеристика осадочного чехла Воронежской антеклизы // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2013. № 1. С. 189-196.
2. Глазнев В.Н., Жаворонкин В.И., Минц М.В., Муравина О.М., Хованский Н.Е. Петроплотностная модель и гравитационный эффект осадочного чехла Воронежского кристаллического массива и его обрамления / Материалы 40-ой сессии международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей». М.: ИФЗ РАН, 2013. С. 107-112.
3. Глазнев В.Н., Муравина О.М., Воронова Т.А., Холин В.М. Оценка мощности гравиактивного слоя земной коры воронежского кристаллического массива // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2014. № 4. С. 78-84.
4. Глазнев В.Н., Муравина О.М., Воронова Т.А., Кислова Е.Б. Мощность гравиактивного слоя верхней части земной коры Воронежского кристаллического массива по результатам стохастического анализа гравитационного поля / Материалы 42-ой сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей». Пермь: ГоИ УрО РАН. 2015, С. 46-48.

5. Муравина О.М., Жаворонкин В.И., Глазнев В.Н. Пространственный анализ распределения плотности докембрийских образований Воронежской кристаллической массы / Материалы 15-ой международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле», М.: ИФЗ РАН, 2014. С. 171-173.
6. Муравина О.М., Жаворонкин В.И., Статистический анализ цифровой основы петроплотностной карты Воронежского кристаллической массы // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2015. № 2. С. 94-99.
7. Муравина О.М. Возможности метода группового учёта аргументов при статистической обработке петрофизических данных // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2009. № 2. С. 150-154.
8. Муравина О.М. Метод группового учёта аргументов при анализе геофизических данных // Геофизика. 2012. № 6. С. 16-20.
9. Муравина О.М. Плотностная модель земной коры Воронежского кристаллической массы // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2016. № 1. С. 108-114.
10. Глазнев В.Н., Минц М.В., Муравина О.М. Плотностное моделирование земной коры центральной части Восточно-Европейской платформы // Вестник КРАУНЦ, Науки о Земле. 2016. Вып. 29, № 1. С. 53-63.
11. Минц М.В., Глазнев В.Н., Муравина О.М. Глубинное строение коры юго-востока Воронежского кристаллической массы по геофизическим данным: геодинамическая эволюция в палеопротерозое и современное состояние коры // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2017. № 4. С. 5-23.
12. Glaznev V.N., Mints M.V., Muravina O.M., Raevsky A.B., Osipenko L.G. Complex geological–geophysical 3D model of the crust in the southeastern Fennoscandian Shield: Nature of density layering of the crust and the crust–mantle boundary // *Geodynamics & Tectonophysics*, 2015, 6 (2). P. 133–170.
13. Буянов А.Ф., Глазнев В.Н., Раевский А.Б., Скопенко Г.Б. Комплексная интерпретация данных гравиметрии, сейсмометрии и геотермии // *Геофизический журнал*, 1989. Т.11, №2, с. 30-39.
14. Воронова Т.А., Муравина О.М. Детальное плотностное моделирование верхней части Воронежского кристаллической массы // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2014. № 2. С. 150-154.
15. Глазнев В.Н., Лошаков Г.Г. Об одном методе моделирования рудных объектов с использованием адаптивной аппроксимации // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2012, № 1. С. 243-246.
16. Муравина О.М., Лошаков Г.Г. Принципы решения прямых задач потенциала при моделировании строения литосферы // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2015. № 3. С. 97-100.
17. Глазнев В.Н., Воронова Т.А., Антонова И.Ю., Муравина О.М. Методика и результаты 3D плотностного моделирования при изучении строения верхней коры Воронежского кристаллической массы / Материалы 42-ой сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей». Пермь: ГоИ УрО РАН, 2015, С. 49-52.
18. Муравина О.М., Воронова Т.А., Антонова И.Ю., Груздев В.Н. Результаты детального плотностного моделирования верхней части коры Воронежского кристаллической массы // *Вопросы естествознания*. 2017. № 1 (13). С. 67-70.
19. Воронова Т.А., Муравина О.М. Построение детальных плотностных моделей никеленосных интрузий в пределах Воронежского кристаллической массы // *Вопросы естествознания*. 2017. № 1 (13). С. 63-67.
20. Воронова Т.А., Глазнев В.Н., Муравина О.М., Антонова И.Ю. Плотностное строение кристаллической коры юго-западной части Липецкой области / В книге: *Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей*. Материалы 45-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. Казань, КФУ. 2018. С. 94-95.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА НУБИЙСКОГО ПЕСЧАНИКА В ОАЗИСЕ ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ

Гавеиш В.Р., Мараев И.А.

wael_ragab2007@yahoo.com, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Оазис Эль-Бахария – один из пяти больших оазисов в западной пустыне Египта. Оазис Эль Бахария расположен между $27^{\circ} 45'$ - $28^{\circ} 30'$ Северной широты и $28^{\circ} 30'$ - $29^{\circ} 10'$ Восточной долготы. Площадь оазиса 2250 км^2 . Оазис Эль Бахария является интересным районом, привлекающим внимание своими экономическими ресурсами, включая месторождения железной руды, месторождения углеводородов, археологические раскопки, и особенно гидрогеологическими исследованиями.

Оазис Эль-Бахария характеризуется гипераридным климатом. Анализ климатологических данных показывает, что Эль Бахария Оазис-это сухая зима и очень сухое лето [1]. Метеорологический анализ показывает что температура варьирует в пределах от 10°C до 40°C , скорость испарения - в пределах от 4.7 мм до 14.0 мм, относительная влажность - в пределах от 31 % до 57 %, а среднее количество осадков в Эль Бахари Оазис составляет 4 мм в год.

Нубийский песчаник – это водоносный горизонт, который считается основным источником воды в Эль-Бахария оазисе в западной пустыне Египта. Этот водоносный горизонт состоит из континентальных кластических отложений, представленных в основном песчаником с переслаиванием сланцами и глиной. Мощность нубийского песчаника изменяется от 317 м на юго - западе до более, чем 1000 м на северо-западе [4,2]. Необходимо изучить петрофизические параметры Нубийского песчаника чтобы определить качества воды в этом водоносном горизонте.

Согласно Рашад Савирис (2011) определение петрофизических параметров водоносного слоя Нубийского песчаника в Эль-Бахария Оазис, Западная пустыня, Египет основано на интерпретации данные каротажа в 12 скважинах в оазисе Эль-Бахария. По результатам интерпретации данных каротажа в этих скважинах получены петрофизических параметры водоносного горизонта Нубийского песчаника в оазисе Эль-Бахария. Общая пористость песчаника колеблется в пределах от 21,55% до 32,26%, эффективная пористость колеблется в пределах от 20,12% до 29,17%. Процент пористости увеличивается к северо-востоку и к юго-западу от оазиса Эль-Бахария, но уменьшается к центральной части оазиса Эль-Бахария. Объем сланца колеблется в пределах от 7,20% до 10,39%. Процент песчаника колеблется в пределах от 52,80% до 72,97%. Значения минерализации пластовой воды колеблется от 0.177 г/л до 0.6 г/л, а удельное сопротивление пластовой воды колеблется от 10 Ом.м до 36 Ом.м. Эти параметры указывают, что нубийские песчаники насыщены пресной водой [5].

Согласно Хемдану (2012) коэффициент водопроницаемости уменьшается от $3045 \text{ м}^2 / \text{день}$ в южной части оазиса Эль-Бахария до $236 \text{ м}^2 / \text{день}$ в северо-восточной части оазиса Эль-Бахария. Значения коэффициента фильтрации возрастают с северо-востока ($0,46 \text{ м} / \text{сут}$) до юго-запада ($10,88 \text{ м} / \text{сут}$) со средним значением ($5,667 \text{ м} / \text{сут}$) [3].

В настоящее время проводятся геофизические исследования с целью выбора мест для заложения гидрогеологических скважин в оазисе Эль-Бахария для забора воды из нубийских песчаников.

Выводы:

1. Нубийский песчаник является основным источником воды в оазисе Эль-Бахария в западной пустыне Египта.
2. Нубийский песчаниковый водоносный горизонт состоит из континентальных обломочных отложений, главным образом песчаника с переслаиванием сланцами и глиной.

3. Значения общей пористости, эффективной пористости, объема сланца и большого объема песчаника водоносного горизонта подтверждают, что вода водоносного горизонта Нубийского песчаника имеет хорошее качество.
4. Значения коэффициента фильтрации показывают, что водоносный горизонт в основном состоит из крупнозернистого песчаника и характеризуется умеренной и высокой потенциальностью.

Литературы

1. Desert Research center (1990); final report on the groundwater assessment of Al Bahariya Oasis region, Western Desert, Egypt. Series 1 – 10, Cairo.
2. Diab M S 1972 Hydrogeological and hydrochemical studies of the Nubian sandstone water-bearing complex in some localities in United Arab Republic; PhD Thesis, Assiut University, Egypt.
3. Hamdan M 2012 Multivariate statistical analysis of geochemical data of groundwater in El-Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt; Res. J. Environ. Earth Sci. 4(6) 665–667.
4. Himida I H 1964 Artesian water of the oases of Libyan Desert in U.A.R.; Ph.D. Thesis, M.G.R.U Moscow (Russian language).
5. https://www.researchgate.net/publication/265794055_Log-derived_petrophysical_characteristics_of_the_Nubian_Sandstone_Aquifer_in_El-Bahariya_Oasis

МЕТОДЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Глазнев В.Н., Антонова И.Ю.

glaznev@geol.vsu.ru, Воронежский госуниверситет, Воронеж, Россия

Картирование структурно-вещественных комплексов фундамента на закрытых территориях платформ выполняется на основе анализа комплексного геофизических полей и их различных трансформант. Задачей таких исследований является создание геолого-геофизической модели фундамента, позволяющей дать некоторый прогноз строения верхней части коры и возможности выявления потенциальных рудоносных комплексов на территории исследований. Большую роль в таких исследованиях играют данные о петрофизических свойствах пород региона. Для территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) информация о составе и физических свойствах пород чехла и фундамента обобщена сводной базе петрофизических данных по региону [1, 2]. При этом, достоверность вещественной идентификации приповерхностных комплексов [3] имеет вероятностный характер и обусловлена контрастностью петрофизических параметров пород фундамента [4, 5].

Реализованная технология обработки геолого-геофизических данных определялась задачей создания обобщенной геологической модели строения верхней части кристаллического фундамента по одному из участков Липецкой области. Решение такой задачи было разделено на два этапа: первичная обработка данных и геофизическая интерпретация с элементами геологического прогнозирования. В качестве исходных данных были использованы результаты наземных измерений гравитационного поля и результаты высокоточной аэромагнитной съёмки по ГНПП «Аэрогеофизика» (П.С. Бабаянц, 2001), высокоточные данные о дневном рельефе территории работ (ЕТОР01), а также обобщенная геологическая карта фундамента в масштабе 1 : 500 000 (В.И. Лосицкий, С.П. Молотков, 1999).

На первом этапе использованные геолого-геофизические материалы были сведены в единую систему географических координат. Поскольку значения аномального магнитного поля по территории участка работ были сформированы относительно уровня нормального поля модели IGRF-95, выполнялось преобразование магнитных аномалий к модели поля ВСЕГЕИ-65. Итоговая карта изолиний локальной составляющей магнитного поля была сформирована в результате низкочастотной фильтрации поля. Гравиметрические материалы, на этапе их подготовки, потребовали несколько большего объёма работ. Вначале в исходное поле была введена поправка за влияние осадочного чехла переменной мощности и разнородного литологического состава [2], а после этого локальные аномалии силы тяжести были рассчитаны относительно созданной трёхмерной региональной плотностной модели литосферы ВКМ [6, 7]. Отметим, что наглядный пример объективности таких построений локальных аномалий гравитационного поля был продемонстрирован при детальном плотностном моделировании одного из участков на территории ВКМ [8].

Итоговые карты локальных аномалий гравитационного и магнитного полей по участку исследований, с использованием ГИС ArcView, были переведены в регулярные grids на сетке размером 200 на 200 метров. Аналогичной обработке были подвергнуты цифровые данные о дневном рельефе и векторизованные материалы опорной геологической карты кристаллического фундамента региона, включающие атрибутивную информацию о петрофизических свойствах геологических комплексов пород. Полученные цифровые модели геофизических полей и рельефа использовались для создания grids пространственных градиентов этих величин. Таким образом, в последующей процедуре классификации, реализованной стандартными средствами пакета SpatialAnalyst, включёнными в ГИС ArcView, всего были использованы семь признаков, на основе формализованного анализа которых делался вывод о принадлежности каждой точки града некоторому заранее выявленному классу (типу) пород. Особенностью реализованного

подхода явилось использование технологии метода группового учёта аргументов [9], включаемого в процедуру поиска пространственно компактного множества точек, наиболее вероятно принадлежащего выявляемому классу. Пример использования такого подхода ранее был реализован в [10] при выявлении однотипных классов нижнекоровых пород по трёхмерным геофизическим моделям изучаемой среды. На последнем этапе построения прогнозной карты поверхностного слоя фундамента выполнялись оценки аномальной плотности и намагничённости пород, опираясь на известные оценки мощности гравитационного [3] и магнитоактивного слоёв верхней коры региона.

Таким образом, результаты предложенной методики пространственного анализа, использующие данные геофизических методов и петрофизические модели типовых геологических объектов, позволили сформировать существенно уточнённую геологическую карту фундамента по району работ и выявить перспективные объекты для детальных работ.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 18-05-00226.

Литература

1. Муравина О.М., Жаворонкин В.И., Глазнев В.Н. Петрофизическая характеристика осадочного чехла Воронежской антеклизы // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2013. № 1. С. 189-196.
2. Глазнев В.Н., Жаворонкин В.И., Минц М.В., Муравина О.М., Хованский Н.Е. Петроплотностная модель и гравитационный эффект осадочного чехла Воронежского кристаллического массива и его обрамления / Материалы 40-ой сессии международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей». М.: ИФЗ РАН, 2013. С. 107-112.
3. Глазнев В.Н., Муравина О.М., Воронова Т.А., Холин В.М. Оценка мощности гравитационного слоя земной коры воронежского кристаллического массива // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2014. № 4. С. 78-84.
4. Муравина О.М., Жаворонкин В.И., Глазнев В.Н. Пространственный анализ распределения плотности докембрийских образований Воронежской кристаллического массива / Материалы 15-ой международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле», М.: ИФЗ РАН, 2014. С. 171-173.
5. Муравина О.М., Жаворонкин В.И., Статистический анализ цифровой основы петроплотностной карты Воронежского кристаллического массива // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2015. № 2. С. 94-99.
6. Глазнев В.Н., Минц М.В., Муравина О.М. Плотнозное моделирование земной коры центральной части Восточно-Европейской платформы // Вестник КРАУНЦ, Науки о Земле. 2016. Вып. 29, № 1. С. 53-63.
7. Минц М.В., Глазнев В.Н., Муравина О.М. Глубинное строение коры юго-востока Воронежского кристаллического массива по геофизическим данным: геодинамическая эволюция в палеопротерозе и современное состояние коры // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология, 2017. № 4. С. 5-23.
8. Глазнев В.Н., Воронова Т.А., Антонова И.Ю., Муравина О.М. Методика и результаты 3D плотностного моделирования при изучении строения верхней коры Воронежского кристаллического массива / Материалы 42-ой сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей». – Пермь: Горный ин-т УрО РАН, Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2015, С. 49-52.
9. Муравина О.М. Метод группового учёта аргументов при анализе геофизических данных // Геофизика, 2012. № 6. С. 16-20.
10. Glaznev V.N., Mints M.V., Muravina O.M., Raevsky A.B., Osipenko L.G. Complex geological–geophysical 3D model of the crust in the southeastern Fennoscandian Shield: Nature of density layering of the crust and the crust–mantle boundary // Geodynamics & Tectonophysics, 2015, 6 (2). P. 133–170.

ОСОБЕННОСТИ МНГОВОЛНОВОЙ СЕЙСМОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Грохольская С.А.

Научный руководитель: доц. Романов В.В.

svetka_sos@mail.ru, roman_off@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Многоволновая сейсмоэлектроразведка (МВС) базируется на следующих, до сих пор независимых, относительно новых разработках:

-использовании сейсмических волн различных типов – продольных, обменных и поперечных;

-введении дополнительной синхронной полевой регистрации компонент электромагнитного поля для получения информации о вызвавших их многоволновых сейсмических полях;

-использовании данных о сейсмоэлектрических эффектах при оценке фильтрационно-емкостных свойств изучаемой толщи и флюидной составляющей горных пород.

Как известно, под многоволновой сейсморазведкой понимается сейсморазведка, основанная на использовании сейсмических волн различных типов – продольных P , поперечных S и обменных PS (Бродов Л.Ю., 1994).

Существование физически обусловленной взаимосвязи электромагнитного и упругого сейсмического полей позволяет получить оценки одного поля через регистрацию информации о другом поле. Это, в свою очередь, позволит получить более достоверную информацию о различных свойствах изучаемой геологической среды, и, в частности, по характеристикам поперечных волн S , PS и SS дать оценку типа насыщения флюидом (вода – углеводороды) целевого объекта.

В этом методе основная энергия создается на поверхности Земли стандартными вибраторами продольных колебаний (волн P). На границе вблизи ПВ перемещение заряженных частиц скелета и флюида породы происходит почти вертикально, то есть вдоль силовых линий ЭМП Земли. Никаких дополнительных ЭМП в этом случае не образуется. Возникновение на границе двух сред обменной поперечной волны S приводит к волнообразным движениям этих заряженных частиц поперёк силовых линий ЭМП Земли и, соответственно, к образованию волнового пакета электромагнитного поля, связанного с этой S волной.

При удалении от ПВ образование аналогичного наведенного волнового ЭМП происходит уже не только за счёт волн S , но и за счёт волн P , секущих силовые линии ЭМП Земли, так как волна падает на границу наклонно. При проведении стандартных работ МОГТ или 3D сейсморазведки на нефть и газ обычно используют сумму колебаний, регистрируемых вблизи ПВ (небольшие удаления ПВ-ПП). В этом случае дополнительная регистрация горизонтальных компонент электрического поля позволяет получить записи, близкие по информативности к записям обменных (поперечных) волн PS .

Аналогичную информацию можно получить с помощью записи производной вертикальной компоненты магнитного поля $H - \delta B_z/\delta t$, производимой с помощью вертикальной петли, раскладываемой на ПП.

Ещё больше информации может быть получено при регистрации всех компонент ЭМП (E_x, E_y, H_x, H_y и $\delta B_z/\delta t$), которая позволит, не снижая производительности работ, в едином цикле с обычной сейсморазведкой получить характеристики, связанные с S волнами.

Это, в свою очередь, обеспечит следующие преимущества предлагаемого метода Много Волновой Сейсморазведки с регистрацией Электрических составляющих волнового поля (МВС-Э) по сравнению с существующими в настоящее время технологиями:

- отказ от мощных автономных установок возбуждения электромагнитного поля;
- отказ от установок возбуждения поперечных волн;
- отказ от многокомпонентности сейсмоприёмников;
- тесная увязка электромагнитных характеристик среды с сейсмическим полем;
- проведение наблюдений в едином конвейерном цикле работ, подобному циклам сейсморазведки 2D и 3D.

Отсюда следует:

-мобильность;

-производительность;

-снижение стоимости работ (по сравнению с постановкой полевых работ МВС или доплывных к МОГТ работ электроразведки методом ВРЭ-ВП).

Технологии различных комбинаций поверхностных и скважинно-поверхностных методик МВС-Э на суше и на акваториях можно объединить одним новым геофизическим термином – Электродинамическая Сейсморазведка (ЭДС), обозначающим группу сейсмoeлектрических методов, использующих волновую часть упругого и электромагнитного полей (сейсмoeлектрическую конверсию) (Сафонов А.С. 2014). Теория сейсмoeлектроразведки основана на новейших достижениях классической и квантовой теорий электромагнитного поля и поля распространения механических напряжений в упругих и неупругих (вязких) средах. Основное внимание уделено физическим явлениям, сопровождающим взаимодействие этих полей. Именно использование сейсмoeлектрических эффектов позволит решить задачу установления физически обоснованной связи регистрируемых полей с флюидопроводимостью пород (Сафонов А.С. и др. 2011). Такая возможность следует непосредственно из представления сейсмического упругого и электромагнитного полей как единого сейсмoeлектромагнитного поля. Постоянный взаимный переход упругой энергии механического движения электрически и магнито заряженных частиц, составляющих геологическую среду, в электромагнитные импульсы и обратно происходит при движении волны последовательно в каждой точке среды. Такое взаимодействие микро и макро-частиц среды обеспечивает и распространение колебаний (электромагнитных и упругих) в Земле и образование при этом отражённых и преломлённых обменных волн PP, PS, SP и SS. Сам факт образования поперечных и обменных волн обязан именно векторному характеру электромагнитного поля (ЭМП).

Литература.

1. Анцыферов М.С., Анцыферова Н.Г., Коган Я.Я. Сейсмоакустические исследования и проблема прогноза динамических явлений. М.: Наука, 1971.
2. Барабанов В.Л., Гриневский А.О., Киссин И.Г. и др. О некоторых эффектах вибрационного сейсмического воздействия на водонасыщенную среду // Докл. АН СССР. 1987.
3. Бродов Л.Ю. Многоволновая сейсморазведка. Основные итоги и перспективы развития. //Прикладная геофизика, 1994, вып.131. М.: Недра. С. 56-70.
4. Вторичные изменения осадочных пород и формирование коллекторов нефти и газа. Сборник трудов № 240 М.: ГАНГ им. И.М. Губкина, 1992, 179 с.
5. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщенности горных пород. 2-е издание – М.: Недра, 1985, 325 с.
6. Кузнецов А.Н., Соколова И.П., Мороз И.П. и др.. Общие черты проявления сейсмoeлектрических эффектов 1-го и 2-го рода в Саратовском Заволжье, Днепрово-Донецкой впадине и Западной Сибири // Физика Земли. 2007. № 4.
7. Сафонов А.С., Кондратьева О.О., Федотова О.В. Поиск неантиклинальных ловушек углеводородов методами сейсморазведки. – М.: Научный мир, 2011. – 512 с.
8. Сафонов А.С. Электродинамическая сейсморазведка. // Геофизика в МГУ. Вчера. Сегодня. Завтра. 1944 – 2014. Сб. тр. Научной конференции, посвященной 70-летию кафедры геофизики в Московском университете. Под редакцией В.К.Хмелевского, А.А. Бульчева, М.В. Владава. – М.: Сампринт, 2014, с. 143 -149.
9. Филатов В.В. О модели релаксации сопротивления в методах сейсмoeлектроразведки / Журнал «Интерэкспо Гео-Сибирь», том 2, номер 2, 2013г, с. 41-45.

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ

Гурвич М.Ю., Медведев А.А., Посеренин А.И., Гафиятуллина Л.Ф.
medvedev747@yandex.ru, poserenin83@gmail.com, gafiyatullina.liliya@yandex.ru,
МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) основан на возбуждении атомов элементов, содержащихся в анализируемом образце и измерении интенсивности возникающего характеристического рентгеновского излучения возбужденных атомов с помощью спектрометрической аппаратуры. Благодаря своей экспрессности, точности и универсальности метод нашел широкое применение в различных областях народного хозяйства.

В настоящее время существует достаточно большое количество серийно выпускаемых спектрометров для проведения многоэлементного РФА. Спектрометры находят применение в геологии, экологии металлургии, строительстве и в других областях, где требуется высокочувствительный экспрессный многоэлементный анализ состава образцов.

В лаборатории физических методов анализа Российского государственного геологоразведочного университета (МГРИ-РГГРУ) более 10 лет успешно эксплуатируется рентгенофлуоресцентный спектрометр элементного состава вещества «РЕСПЕКТ» выпускаемый предприятием «Голоконников» [6].

В данной модели спектрометра установлены полупроводниковый Si-Pin детектор с разрешением 150 эВ и рентгеновская трубка прострельного типа с серебряным анодом. Предельная мощность излучения трубки – 120 Вт. Система водяного охлаждения рентгеновской трубки замкнутая. За одно измерение возможно одновременное определение 20-25 элементов (от Al до U). Процесс измерения полностью автоматизирован.

Программа обработки рентгеновских спектров идентифицирует пики элементов и определяет их площади, которые пропорциональны концентрациям анализируемых элементов. Результатом обработки является файл, содержащий перечень элементов, входящих в состав пробы и их концентрация [4].

За годы эксплуатации спектрометра накоплен большой опыт его применения для анализа, как порошковых, так и жидких образцов [1,2,5]. Данные по количеству анализов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Количеству анализов, выполненных с применением спектрометра «РЕСПЕКТ»

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Количество анализов	394	398	780	291	313	514	495	476

При анализе порошковых проб, образец массой ~1 г насыпают в кювету с основой из тонкой полипропиленовой пленки, кювету помещают в карусель, рассчитанную на 16 образцов. Диапазон определяемых концентраций от 0,0001% до 100%. Предел обнаружения элементов в порошковых пробах составляет $\approx n \cdot 10^{-4} \%$, что затрудняет применение метода при гидрогеохимических поисках и геоэкологических исследованиях вод, поскольку уровень содержания многих элементов в природных и сточных водах - $n \cdot (10^{-5} - 10^{-6}) \%$.

Для снижения предела обнаружения при анализе водных проб применялась методика «высушенной капли» [7]. Водную пробу объемом 20-100 мкл наносят микродозатором на тонкую полипропиленовую пленку и высушивают. Анализируется сухой осадок, образующийся после высыхания капли исходного раствора. Программа обработки рентгеновских спектров идентифицирует пики элементов и определяет их площади. Количественный расчет концентраций выполняется методом внутреннего стандарта, в

качестве которого используется рубидий, добавляемый в известной концентрации в исходные растворы. Естественное концентрирование образца при высыхании, измерение в тонких слоях существенно уменьшающее фон рассеянного излучения; оптимальная сближенная геометрия измерений приводят к значительному улучшению чувствительности анализа. Предел обнаружения элементов в жидкостях составляет $\approx 10^{-7} \%$ [2].

Широкое применение нашел спектрометр для решения различных геммологических задач, например, элементный анализ ограненных кристаллов различной формы без их разрушения. Данная диагностика очень важна при оценке этих камней, так как цена на них рассчитывается на порядок [2,5].

В таблице 2 приведены экспериментальные значения пределов обнаружения для содержащихся в питьевых водах элементов, полученные с применением спектрометра «РесПЕКТ» и соответствующие значения предельно допустимых концентраций (ПДК).

Таблица 2

Пределы обнаружения и предельно допустимые концентрации элементов в природных и питьевых водах

Элемент	Предел обнаружения, мкг/л	ПДК мкг/л	Элемент	Предел обнаружения, мкг/л	ПДК мкг/л
Кальций	40	---	Никель	5	100
Титан	30	100	Цинк	3	1000
Ванадий	15	100	Мышьяк	2	30
Хром	8	50	Селен	2	100
Марганец	7	100	Бром	2	200
Железо	6	300	Стронций	2	7000
Кобальт	5	100	Свинец	7	30

Приведенные результаты свидетельствуют о перспективности применения рентгенофлуоресцентных спектрометров для многоэлементного анализа природных объектов.

Список литературы

1. Гурвич М.Ю. Современные методы исследования минералов горных пород и руд. Учебное пособие. / М.: РГГРУ. – 2009. – 143 с.
2. Гурвич М.Ю., Медведев А.А., Посеренин А.И. Применением спектрометра «Респект» для анализа вещественного состава минералов, горных пород и руд // Новые идеи в науках о Земле: материалы XII международной научно-практической конференции – М.: МГРИ-РГГРУ. – 2015. - Т. 1. – С. 485.
3. Медведев А.А., Посеренин А.И. Аналитические методы определения состава горных пород. / Учебное пособие М.: РГГРУ. – 2011. – 57 с.
4. Медведев А.А., Посеренин А.И. Лабораторный практикум по ядерной геофизике. / Учебное пособие. М.: ВНИИГеосистем. – 2013. – 51 с.
5. Медведев А.А., Посеренин А.И. Применение энергодисперсионных рентгеновских спектрометров для элементного анализа геологических образцов. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №11. – С. 115-124.
6. Толоконников И.А. Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор состава вещества РесПЕКТ. // Атомная энергия. – 2003. – Т. 95. – Вып.1. – С. 69-70.
7. Толоконников И.А., Медведев А.А., Кирюшкин Н.Е., Волох А.А. Многоэлементный анализ геоэкологических объектов с применением спектрометра "РесПЕКТ"-100" // Известия высших учебных заведений. Геология и Разведка. – 1999. – №2. – С. 154-156.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА ПО ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Десятов Д.О., Пушкарев П.Ю., Стафеев А.Н., Яковлев А.Г.¹

¹ desyatovdm@rambler.ru, Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Несмотря на относительно хорошую доступность, Горный Крым, по сравнению с другими горно-складчатými сооружениями, такими как Кавказ или Тянь-Шань, изучен относительно слабо. До сих пор среди геологов нет единой точки зрения по поводу его геологического строения. Наличие двумерных и трехмерных локальных неоднородностей (разломы, погребенные вулканы и др.) усложняет интерпретацию любых геофизических данных. На сегодняшний день Крымский полуостров является геодинамически активной зоной, что предопределяет необходимость исследования его глубинного строения, выявления разломов, оценки флюидного режима недр.

Метод электромагнитных зондирований основан на изучении естественного электромагнитного поля Земли. Метод успешно применяется для решения структурных задач, в том числе на сложных двумерных объектах. Данные, полученные в результате магнитотеллурических зондирований, содержат информацию о физических свойствах пород до глубин первых нескольких километров. Метод хорошо зарекомендовал себя при поиске полезных ископаемых, решении инженерно-геологических и других задач. Используемые в ходе работ аппаратура (MTU5, «Phoenix Geophysics»), методы и программы для обработки и анализа МТ данных (ЕРКПТ, «Северо-Запад»), а также для решения прямых и обратных задач, отвечают современному мировому уровню.

Зимой 2016 г. геофизическая компания ООО «Северо-Запад» совместно с кафедрой Геофизических методов исследования земной коры МГУ имени М.В.Ломоносова проводили экспериментальные работы методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ) в Юго-Западном Крыму. Зондирования выполнены по рекогносцировочному профилю 1KR (г. Ялта – пос. Новоселовка) в объеме 30 физических точек. Профиль начинался от поселка Гаспра на юге и тянулся на север через плато Ай-Петри. Далее он следовал в направлении поселков Соколиное, Верхоречье, Научный, Прохладное (где находится учебная база МГУ), Скалистое, Почтовое. Профиль прошел в 11 км северо-западнее г. Симферополь и закончился у пос. Новоселовка.

Данные МТЗ в количестве 30 точек, расположенных на профиле Ялта-Новоселовка, были обработаны в программе ЕРКПТ. Нормализация магнитотеллурических данных проводилась по низким периодам. Был проведен анализ параметров неоднородности среды и асимметрии, по результатам которого было принято решение, проводить интерпретацию в рамках двумерных моделей. Решение обратной задачи осуществлялось посредством программы Мэки.

В результате интерпретации данных МТЗ предложен геолого-геофизический разрез Юго-Западного Крыма. На профиле МТЗ пос. Новоселовка – г. Ялта отчетливо выделяются южная окраина Скифской плиты и Горно-Крымская структурная зона. Между ними располагается Лозовская зона смятия, отделенная от Горно-Крымской зоны Лозовским (Бодракским) разломом северо-восточного простирания [4].

Бодракский разлом (сброс) ранее был прослежен по геоэлектрическим данным до глубин 4-5 км, по разлому кровля высокоомных палеозойских пород Лозовской зоны опущена на 1 км по отношению к Горно-Крымской зоне [6]. По новым данным МТЗ разлом прослеживается на глубину свыше 30 км, он круто падает на северо-запад под углом 80-85°.

На глубинах 4-15 км в Лозовской зоне вблизи Бодракского разлома обнаруживается аномалия электропроводности, предположительно связанная с зоной трещиноватости, насыщенной флюидом.

В Лозовской зоне развита мелководная преимущественно глинистая с линзами песчаников и известняков эскиординская серия ($T_3-J_2 es$) суммарной мощностью около 3 км [1]. Она представляет собой бортовую фацию таврической серии. Венчает разрез Лозовской зоны вулканогенно-осадочная толща верхнего байоса. В Горно-Крымской зоне породы представлены таврической серией ($T_3-J_2 tv$), сложенной турбидитами преимущественно глинистого состава.

Горно-Крымская структурная зона делится выступом палеозоя в междуречье Марты и Качи на две неравные части. На северо-западе локализуется Прохладненский верхнетаврический ($J_1 tv_3$) палеобассейн на палеозойском основании. В салгирскую фазу деформаций в конце триаса – начале юры на месте этого бассейна поднималась кордильера, служившая источником сноса палеозойских глыб [2].

На юго-востоке располагается Южно-Крымский бассейн с полным разрезом таврической серии, вероятно с нижне-среднетриасовым грабеном-рифтом в осевой части. Нижнетаврическая свита более погружена, а также испытала в конце триаса деформации салгирской фазы, поэтому она более преобразована катагенетически и характеризуется более высокими кажущимися сопротивлениями. Над грабеном-рифтом фиксируется диапировая складка, в ядре которой нижнетаврическая свита ($T_3 tv_1$), несогласно перекрывается верхнетаврической свитой ($J_{1-2} tv_3$).

В междуречье Качи и Бельбека в толще верхнетаврической свиты, обнаружено несколько зон повышенной проводимости, которые могут отвечать дистальным фациям конусов выноса Саблынской дельтовой системы (плинсбах – нижний тоар) [5]. Более крупная зона повышенной проводимости располагается под Главной грядой на глубине 2-3 км. Возможно, это линзовидное тело формировалось за счет сноса со стороны южного борта Южно-Крымского бассейна. Особенностью верхнетаврической свиты является наличие в ней проводящих линзовидных тел. Возможно, это связано с наличием минерализованных вод в поровом пространстве песчаников.

На склонах поднятий салгирской фазы предлагается выделять среднетаврическую свиту ($T_3g-J_1s tv_2$), одновозрастную салгирской свите Лозовской зоны ($T_3g-J_1s sl$). Обе свиты формировались, главным образом, за счет внутрибассейновых источников сноса.

Литература

1. Муратов М.В. Краткий геологический очерк Крымского полуострова. - М.: 1960. – 207с.
2. Плахотный Л.Г., Сиденко О.Г., Чир Н.М., Абашин А.А. О глубинной тектонике предгорий Крымских гор и происхождении экзотических известняковых глыб // Геол. журн. 1988. №1. С. 120 - 127;
3. Плахотный Л.Г. Раннекиммерийские структуры Крыма и соотношение их с альпийскими и докиммерийскими // Геотектоника. 1990. № 2. С. 54-62;
4. Славин В.И. Основные черты геологического строения зоны сопряжения поздних и ранних киммерид в бассейне р. Салгир в Крыму // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1982. № 5. С. 68-79.
5. Стафеев А.Н., Суханова Т.В., Латышева И.В., Косоруков В.Л., Плечов П.Ю., Ростовцева Ю.И., Смирнова С.Б., Мороко А.А. Ченкская толща песчаников (нижняя юра) Горного Крыма: стратиграфия и условия осадконакопления // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2014. № 5. С. 40-48.
6. Хмелевской В.К., Кузьмина Э.Н. Глубинное строение Горного Крыма по данным электроразведки. // Очерки геологии Крыма. Вып. 1. – М.: изд. Геол. Ф-та МГУ. 1997. с. 177-1864.

РАСЧЕТ И ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТРИБУТОВ

Зельтина Е.М.

Liza.zeltina@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Вся информация, полученная из сейсмических данных, прямыми измерениями, логическим или опытным путями называется сейсмическими атрибутами. Атрибуты используются интерпретатором в процессе прослеживания разломов, при описании резервуара и прогнозировании коллекторских свойств в межскважинном пространстве.

Сейсмический атрибут – это локальная особенность записи колебаний, которую измеряют и анализируют с целью детальной геологической интерпретации волновой картины. [1]

Сейсмические атрибуты используются на всех стадия геологоразведочного процесса, а также на стадии разработки месторождений – для контроля разработки.

В данной работе сейсмические атрибуты применяются для:

- Прослеживания отраженных волн;
- Выделения опорных отражающих горизонтов;
- Прослеживания дизъюнктивных нарушений во всем осадочном чехле;
- Выделение по типам дислокаций: сбросы, взбросы, сбросо-сдвиги и взбросо-сдвиги;
- Выделения предполагаемых рифогенных построек

Поверхностные геометрические атрибуты – наиболее оптимальный способ оценить наличие и местоположение тектонических нарушений. По поверхностям были рассчитаны: наклоны (Dip), азимуты (Azimuth), азимуты падения (Dip-Azimuth), выявление краев (Edge Detection), кривизна (Curvature), когерентность (Esp), первые и вторые производные (Derivative). Поверхностные атрибуты позволяют рассчитывать интервальные атрибуты относительно одного горизонта, между двумя горизонтами или между постоянными временными уровнями.

Для анализа волнового поля были рассчитаны следующие объемные атрибуты: когерентность (Esp), объемная кривизна (Curvature), непрерывность (Discontinuity), наклоны (Dip), азимуты (Azimuth), азимуты падения (Dip-Azimuth), выявление краев (Edge Detection) и относительное изменение амплитуд (Relative Amplitude Change).

Атрибут когерентность позволяет трассировать тектонические нарушения по разрезам и по временным срезам (слайсам). Он рассчитывается по специальному алгоритму, который наиболее чувствителен к степени «непохожести» соседних сейсмических трасс. [2]

Когерентность – согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов. Если разность фаз двух колебаний остается постоянной во времени то колебания называются когерентными. Колебания у которых разность фаз меняется беспорядочно и быстро по сравнению с их периодом называются некогерентными. [3]

Атрибут поверхностной кривизны (Curvature) в различных модификациях (Гаусса, положительная или отрицательная кривизна и др.) был рассчитан по интерполированным ОГ, предварительно сглаженным с помощью медианной фильтрации. Дает более высокую детальность, чем остальные геометрические атрибуты.

Для контроля системы нарушений используется поверхностный атрибут выявления краев (Edge Detection). Сопоставление аномалий этого атрибута с прослеженной системой нарушений позволяет скорректировать дизъюнктивные нарушения путем добавления некоторых малоамплитудных и непротяженных нарушений

Использование и сопоставление различных геометрических атрибутов позволяет с большой степенью надежности выявить тектонические нарушения, в том числе малоамплитудные и непротяженные разломы.

Предполагаемые рифогенные постройки были проанализированы по разрезам мгновенных амплитуд, мгновенных частот и мгновенных фаз.

Гильберт преобразование позволяет получить из временного разреза новые оригинальные (мгновенные) динамические параметры. Данное преобразование имеет важное преимущество, которое заключается в том, что с помощью простой и доступной вычислительной схемы преобразования, функция, оставаясь во временной области, переводится в комплексный вид, что позволяет оценить ее мгновенные параметры: текущих амплитуд, фаз и частот. [4] Эти параметры подчеркивают отдельные детали геологического строения разреза: литологические изменения на границах пластов, несогласные напластования и др. Разрезы мгновенных фаз позволяют уточнить положение сбросов, угловых несогласий и зон выклинивания. По нарушениям фазовой непрерывности. Аналогичную информацию несут и разрезы мгновенной частоты. [3]

Нам обычно известен действительный сигнал $u(t)$. Применив преобразование Гильберта, можно получить мнимую составляющую аналитического сигнала $v(t)$ и рассчитать мгновенные параметры [5]:

- Мгновенную амплитуду $a(t) = \sqrt{v^2(t) + u^2(t)}$, которая имеет физический смысл огибающей;
- Мгновенную фазу $\varphi(t) = \tan^{-1}\left[-\frac{u(t)}{v(t)}\right]$ - характеризует угол фазы в любой точке вдоль сейсмической трассы. Используется для поиска зависимости с эффективной толщиной и коэффициентом песчаности;
- Мгновенную частоту $f^* = \frac{d\varphi(t)}{dt}$ - описывает скорость изменения мгновенной фазы комплексной сеймотрассы. Используется для выделения тонких глинистых пропластков и коэффициента песчаности;

Результатом атрибутивного анализа сейсмических данных является прогноз петрофизических параметров интересующего интервала недр. Основой анализа служит предположение о наличии взаимосвязей между атрибутами волнового поля куба сейсмических данных и петрофизическими свойствами соответствующих пород.

Используемая литература:

1. Г.Н. Боганик, И.И. Гурвич, Сейсморазведка. Тверь, 2006. – 665 с.
2. Ю. П. Ампилов, От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа. Москва, 2008. – 119 с.
3. Л.А. Барышев, специальный курс лекций по сейсморазведке «Интерпретация сейсмических данных». Иркутск, 2004. – Лекция № 3.
4. А.В. Разин, В.П. Меркулов, С.А Чернов. Применение геофизики при изучении месторождений нефти и газа. Томск, 2004. – 322 с.
5. А. В. Степанов, Учебно-методическое пособие к курсам повышения квалификации «Обработка сейсмических данных». Казань, 2013. – 18 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Калинина М.С.

kalinina_ms@inbox.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Как известно, золото – первый металл знакомый человеку с древних времен, оно применялось для производства ювелирных украшений и чеканки монет. В наши дни роль драгоценного металла изменилась: монеты из него уже не делают, а используют в качестве объекта инвестиций и элементов золотовалютных резервов. Независимо от экономического положения государства, золото никогда не потеряет свое место на финансовом рынке. Спрос на золото с каждым годом будет только увеличиваться, из чего следует, что надо увеличивать его добычу.

В связи с этим особое значение приобретает проблема повышения эффективности поисков золотосодержащих руд, как в приделах известных, так и новых площадях. При поиске золота крайне затруднительно не использовать геофизические методы. Отличительными чертами которых являются: глубинность исследований, равномерное изучение больших по площади территорий, высокая мобильность и производительность. Для того, чтобы повысить уровень добычи золота необходимо детально изучить типы золотосодержащих руд. [1]

Содержание золота в коренных месторождениях достигает от нескольких грамм до нескольких килограмм на тонну руды, в россыпях - от нескольких сотен миллиграмм до нескольких сотен грамм на кубометр песка. Так, например, на россыпях геофизические методы почти не используются, потому что нет информации о возможностях геофизики в этой области. [7] Но одним из основных геофизических методов на рудные месторождения на сегодняшний день являются магнитная съемка, электроразведка методами естественного электрического поля (ЕЭП) и вызванная поляризация (ВП). Намного реже применяются гравиразведка, сейсморазведка. [1]

Основная цель поиска золота геофизическими методами состоит в том, чтобы найти решение поставленных геологических задач при минимизации времени, средств и труда. Тогда главными задачи геофизических исследований в поиски рудного золота будут являться: изучение и уточнение геологического строения рассматриваемых площадей и локализация рудоперспективных участков, определение рационального комплекса геофизических исследований в проведении геолого-геофизических работ.

Совокупность, используемых геофизических методов, зависит от геолого-географической обстановки. Эффективность магнитной съемки и электроразведки при поисках золоторудных месторождения подтверждаются результатами разнообразных полевых исследований. Используем данные геофизических поисков в области золото-кварц-сульфидного месторождений Енисейского кряжа. Изучение такого месторождения возможно только комплексом геофизических методов. Разъяснения измерений геофизических полей при поисках золоторудного месторождения должна сопровождаться обязательным применением технологий обработки и интерпретации данных.

На рассматриваемой площади наибольшей намагниченностью обладает комплекс пород золото-кварцевого типа. Комплекс золото-сульфидного типа наоборот имеет существенно слабую намагниченность. Что касается электросопротивления, то максимум характерен для золото-кварцевого типа, а минимум – для золото-сульфидного. [2]

Таким образом, магнитные и электрические свойства определяют необходимый минимум для геофизического комплекса поисковых работ. Хотя магнитная съемка и электроразведка являются наиболее результативными методами, тем не менее, при поисках золоторудных месторождений можно столкнуться с рядом трудностей, связанных, с локализацией золота, и тем, что геофизические методы не являются прямыми указателем месторождений золота. [3]

Особенности распределения радиоактивных элементов, таких как калий (К), торий (Th), уран (U), на золоторудном месторождении могут использоваться как дополнительный поисковой критерий. Гамма-спектрометрический метод, основанный на регистрации естественного излучения этих элементов, является эффективным для поиска золоторудных месторождений разных типов. [6]

Важную роль в строении почти всех типов золотоносных месторождений играют тектонические нарушения и приуроченные к ним контакты пород разного состава и дайки кислого состава. Для выделения разломов, в основном используют данные магниторазведки и дополнительно гравитразведки. [4]

Оптимизация комплекса геофизических методов состоит в том, чтобы получить как можно больше информации при ограниченных ресурсах, а именно времени, средств и труда. Таким образом, в решении этой проблемы необходимо ориентироваться на следующие задачи:

1. Изучение глубинного строения известных золоторудных районов и прогнозирование новых перспективных площадей.

2. Геофизические исследования с целью локального прогнозирования и выявления участков золотого оруденения.

3. Детальное геолого-геофизическое исследование в выявленных рудоперспективных зонах.

4. Исследование методов ГИС, которые являются важной частью геологоразведочного процесса при изучении месторождений золота. [5]

За длительный промежуток времени получен существенный опыт в проведении полевых и камеральных геофизических работ в различных геологических условиях. На базе геофизических отчетов и материалов выявлено, что наземная магнитная съемка и электроразведка методами естественного электрического поля (ЕП) и вызванной поляризации (ВП) позволяют эффективно решать задачи поиска золоторудных месторождений. Выявленные особенности геофизических полей позволяют дополнять геологическую модель.

Список литературы:

1. Долгаль А.С., Христенко Л.А. Результаты и перспективы геофизических исследований при поисках рудного золота на восточном склоне Кузнецкого алатау // Вестник Краунц. Науки о Земле. 2008 №2. Выпуск №12. – С.57-62.

2. Пустозеров М.Г., Шугаев А.Г. Геофизические методы в комплексе золотопоисковых работ в ЗАО "Полнос" // Разведка и охрана недр. - 2006-С.42-46

3. Тарасов В.А., Емжуев М.С., Парада С.Г., Столяров В.В. Геофизические методы при поисках золоторудной минерализации на флангах Тырнаузского рудного узла // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2015. №1. - С.109-116.

4. Богомолов А.В., Караев А.Ю. Физико-геологическая модель золото-кварц-сульфидного месторождения Тындинского района Амурской области // Проблемы геологии и освоения недр. – С.357-358.

5. Долгаль А.С., Христенко Л.А. Оптимизация комплекса наземных геофизических наблюдений при поисках рудного золота (на примере восточного склона Кузнецкого алатау) // Гео-Сибирь. – 2007. – С.157-161.

6. Кучурин Е.С., Перельгин В.Т., Кучурина О.Е. и др. Эффективность применения ядерно-геофизических методов каротажа при поисках и разведке месторождений твердых полезных ископаемых республики Башкортостан // Минерально-сырьевая база Республики Башкортостан: реальность и перспективы: Мат-лы / Республ. науч.-практ. конф. Уфа, 5-6 апр., 2002 – С.675-694.

7. Давыдов В.А., Бакаев В.П. Геофизика на россыпных месторождениях золота // Разведка и охрана недр. – 2012. - С.41-47.

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ И КАРОТАЖА СОПРОТИВЛЕНИЯ; ОПЫТ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Каринский А. Д., Даев Д. С., Филагова И.К.

akarinski@mail.ru, ddaev@mail.ru, kamilovn@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Ранее нами было дано обоснование применению приближённого подхода к определению понятия "область пространства, оказывающая основное влияние на результаты измерений" для некоторых методов стационарного электрического поля \mathbf{E} и переменного электромагнитного (ЭМ) поля электроразведки [Каринский, Даев, 2012]. Достоверность результатов получаемых на основе применённого нами подхода к методике расчётов подтверждает, в частности, приведенное в этой работе сравнение полученных нами результатов расчётов с данными, полученными другими способами и опубликованными в зарубежных научных изданиях. Позже результаты исследований по этой тематике были приведены нами в работах [Каринский и др., 2014], [Каринский, Даев, 2017].

В последней из этих работ показано следующее. Пусть в однородном проводящем полупространстве V_1 с удельным электрическим сопротивлением $\rho = \rho_1$ расположен однородный по ρ объект V_0 с $\rho = \rho_0$. Обусловленное присутствием объекта V_0 вторичное электрическое поле \mathbf{E}^B можно представить суммой полей, создаваемых множеством («заполняющих» область V_0) малых элементов ΔV в форме куба с дипольными моментами ΔP . В разработанных нами алгоритмах расчётов и программах предусмотрен учёт влияния дипольных моментов ΔP элементов ΔV , как источников поля \mathbf{E}^B , на дипольные моменты ΔP других элементов ΔV .

В применяемых в геофизике электрических методах сопротивлений источниками первичного электрического поля \mathbf{E}^n являются заряды токовых электродов A, B . Измеряемая величина - разность потенциалов $\Delta U_{MN} = U_M - U_N$ поля \mathbf{E} между измерительными электродами M, N . По разности потенциалов ΔU_{MN} и току эмиссии $\pm I$ электродов A, B определяют кажущееся удельное электрическое сопротивление ρ_k . В неоднородной по удельному электрическому сопротивлению ρ среде существуют электрические заряды - источники вторичного электрического поля \mathbf{E}^B . В докладе приведены следующие результаты математического моделирования, иллюстрирующие влияние локальных неоднородностей по ρ на поля \mathbf{E}^B , $\mathbf{E} = \mathbf{E}^n + \mathbf{E}^B$ и величину ρ_k .

1). Кривые ρ_k электропрофилеирования в присутствии локальных 3D объектов V_0 (либо 2D объектов) осложнены экстремумами разного знака. В ряде работ, включая некоторые учебники по курсу "Электроразведка", приведено следующее "физическое" истолкование этого явления. Влияние отличающегося от вмещающей среды по удельному электрическому сопротивлению ρ объекта V_0 обусловлено особенностями "обтекания" такого объекта электрическим током с плотностью \mathbf{j} , или "втекания" тока в такой объект. Но измеряемая в методах сопротивлений разность потенциалов ΔU_{MN} поля \mathbf{E} , которой пропорционально значение ρ_k , зависит не от поля \mathbf{j} , а от поля \mathbf{E} . А единственными источниками стационарного электрического поля \mathbf{E} являются электрические заряды. Как было показано Л. М. Альпиним [Альпин, 1947], фактически влияние неоднородностей в проводящей среде на стационарное электрическое поле \mathbf{E} и, следовательно, на величину ρ_k , обусловлено вторичным полем \mathbf{E}^B зарядов, индуцированных в местах нарушения однородности среды по ρ . В докладе приведены результаты расчётов, показывающие направления поля \mathbf{E}^B и распределение источников этого поля в случаях, когда $\rho_0 < \rho_1$ либо $\rho_0 > \rho_1$.

2). Приведены полученные на основе математического моделирования кривые ρ_k для электроразведочной установки симметричного электропрофилеирования (СЭП) для тех случаев, когда на результаты СЭП могут оказывать влияние расположенные в однородном проводящем полупространстве разные по форме тела V_0 при разных соотношениях ρ_0 и ρ_1 . Результаты расчётов приведены для случаев, когда объекты V_0 имеют следующую форму: куб, шар, прямоугольный параллелепипед, трёхосный эллипсоид. Представленные в докладе

данные показывают, что форма объекта V_0 может оказывать существенное влияние на результаты электроразведки с установкой симметричного электропрофилирования. Разработанные нами алгоритмы расчётов могут быть применены для случаев, когда объект V_0 может иметь и более сложную форму. Это может позволить количественно оценить то, какое влияние на результаты электроразведки оказывают, например, различные археологические объекты, подземные инженерные сооружения, карстовые полости, и др.

3). Приведены результаты математического моделирования для потенциал-зонда и градиент-зонда каротажа сопротивления (КС). Показано то, какое влияние на результаты КС могут оказывать расположенные в однородной по удельному электрическому сопротивлению ρ_1 среде локальные объекты V_0 с очень низким значением удельного электрического сопротивления ρ_0 (модели проводящих рудных тел). Рассмотрены случаи, когда потенциал-зонд, либо градиент-зонд КС, пересекает имеющее форму эллипсоида вращения тело V_0 (модель рудного тела "вскрытого" скважиной), либо проходит на некотором расстоянии от этого тела V_0 ("слепое" рудное тело). Показано, что "слепое" рудное тело не оказывает значительного влияния на результаты каротажа сопротивления.

Показаны модели, для которых мы планируем провести численные расчёты на основе разработанных алгоритмов и программ для стационарного электрического поля. Эти модели могут отвечать возможным условиям при наземной и скважинной модификациях метода заряда, а также - метода межскважинной корреляции. Отметим также, что на основе применённой нами методики расчётов, в принципе, можно получить данные математического моделирования, показывающие то, какое влияние оказывает присутствие локальных объектов V_0 на результаты измерений не только в различных модификациях геофизических методов стационарного электрического поля \mathbf{E} , но и в некоторых методах переменного ЭМ поля: магнитотеллурическое зондирование, радиоволновое просвечивание, и др. Поэтому алгоритмы численного решения прямых задач для трёхмерных моделей среды, разработанные на основе применённого нами подхода, могут послужить основой для создания программ, предназначенных для определения влияния имеющих разную форму объектов V_0 и интерпретации результатов измерений не только в методах стационарного электрического поля \mathbf{E} , но и в методах переменного ЭМ поля.

Литература

1. Альпин Л. М. Источники поля в теории электроразведки. «Прикладная геофизика»; сборник статей; выпуск 3, Гостоптехиздат, 1947, с. 56 - 100.
2. Каринский А.Д., Даев Д.С. Об областях пространства, существенно влияющих на результаты измерений в электромагнитных методах // Геофизика. 2012. № 6. С. 42- 53.
3. Каринский А.Д., Даев Д.С., Мазитова И.К. Математическое моделирование C -эффекта и P -эффекта в методах сопротивлений электроразведки // Геофизика. 2014. № 1. С. 36- 45.
4. Каринский А. Д., Даев Д. С., Мазитова И. К., Юдин М. Н. Математическое моделирование влияния локальных объектов на результаты методов сопротивлений электроразведки. Международная научно-практическая конференция "Теория и практика разведочной и промысловой геофизики", г. Пермь, 24–26 ноября 2016 г. Доклады, с. 122- 126.
5. Каринский А.Д., Даев Д.С. Влияние локальных объектов на результаты электроразведки методом сопротивлений; опыт математического моделирования. «Геофизика». Научно-технический журнал, 2017, № 1, с. 35- 44.
6. Каринский А.Д., Даев Д.С., Филатова И.К., Юдин М.Н. Моделирование влияния имеющих разную форму объектов на результаты электропрофилирования. Материалы Международной научно-практической конференции "Теория и практика разведочной и промысловой геофизики", г. Пермь, 23–24 ноября 2017 г., с. 111- 116.

ПАРАДОКС АНИЗОТРОПИИ И ЕГО ФИЗИЧЕСКОЕ ИСТОЛКОВАНИЕ

Каринский А. Д.

akarinski@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Анизотропия, то есть различие в значениях того или иного физического параметра по разным направлениям, присуща многим веществам. Анизотропия проявляется, в частности, в удельном электрическом сопротивлении ρ горных пород, характеризующих их способность проводить электрический ток. Электрическая анизотропия горных пород может оказывать значительное влияние на результаты различных электрических и электромагнитных методов геофизики. Наиболее часто применяемой для характеристики электрических параметров анизотропных горных пород моделью среды является среда с осевой анизотропией. Удельное электрическое сопротивление ρ такой среды характеризуют два значения: по оси анизотропии n (ориентированной, например, по нормали к напластованию пород) и по любому, ортогональному этой оси, направлению t . Эти параметры - поперечное удельное электрическое сопротивление ρ_n по направлению оси анизотропии n и продольное удельное электрическое сопротивление ρ_t по направлению t . Другие параметры, характеризующие электрическую анизотропию среды - это коэффициент анизотропии $\lambda = \sqrt{\rho_n/\rho_t}$ и среднегеометрическое удельное сопротивление $\rho_m = \sqrt{\rho_t \cdot \rho_n} = \lambda \cdot \rho_t$. Параметры электрической анизотропии содержат важную информацию о свойствах пород, так как величины ρ_t , ρ_n , λ по-разному зависят от типа насыщения пород, их фильтрационных свойств и других факторов.

Исследования влияния электрической анизотропии горных пород на стационарное электрическое поле E в геофизике были начаты ещё в конце первой половины XX-го века применительно к таким методам, как электроразведка методом сопротивлений, а также - каротажа сопротивлений (КС). Было установлено, что в однородной электрически анизотропной среде "показания" этих электрических методов геофизики зависят от параметров ρ_t , ρ_n совсем не так, как можно было предположить.

Сторонними источниками поля E в методах сопротивлений и КС являются токовые электроды A, B с эмиссиями $\pm I$, а измеряемой величиной - разность потенциалов ΔU_{MN} поля E в измерительных электродах M, N . По результатам измерений определяют кажущееся удельное электрическое сопротивление ρ_k , которое в однородной изотропной среде равно удельному электрическому сопротивлению ρ такой среды. Но, применительно к модели однородной анизотропной среды, было установлено, что для таких линейных установок, как симметричная установка $AMNB$ и др., а также для градиент-зонда и потенциал-зонда КС ориентации этих установок или зондов по оси анизотропии n величина $\rho_k = \rho_t$, то есть ρ_k не зависит от ρ_n . Это явление получило название "парадокс анизотропии", которое до сих пор, как нам кажется, не получило понятного физического пояснения. В этой работе нами предпринята попытка дать такое истолкование явлению "парадокс анизотропии".

Рассмотрим простейший случай, когда в однородной анизотропной среде точечный токовый электрод A с эмиссией I расположен начале декартовых координат x, y, z , а ось Z ориентирована по оси анизотропии n . В этом случае приведенное в книге [Заборовский, 1963] выражение для потенциала U^A поля $E^A = \text{grad} U^A$ можем представить в виде:

$$U^A = \frac{\rho_m I}{4\pi \tilde{R}}, \text{ где } \tilde{R} = \sqrt{x^2 + y^2 + \lambda^2 z^2}. \quad (1)$$

Источниками поля E^A являются точечный заряд e_A электрода A и объёмные индуцированные в однородной анизотропной среде заряды с плотностью δ . Поэтому представим потенциал U^A в виде суммы $U^A = U^e + U^\delta$. Известно, что потенциал U_q поля E_q расположенного в начале декартовых координат точечного заряда e_q определяет выражение:

$$U_q = \frac{e_q}{4\pi\epsilon_0 R}, \text{ где } R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad (2)$$

где $\epsilon_0 \approx 10^{-9}/(36\pi)$, Ф/м - электрическая постоянная.

В соответствии с (1), (2) при $x \rightarrow 0$, $y \rightarrow 0$, $z \rightarrow 0$ и, соответственно, при $\tilde{R} \rightarrow 0$ и $R \rightarrow 0$ имеем: $U^A(x, y, z) \rightarrow \infty$ как $\frac{\rho_m I}{4\pi} \frac{1}{\tilde{R}}$, $U_q(x, y, z) \rightarrow \infty$ как $\frac{e_q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{R}$. Это означает, что

точечный заряд e_A расположенного в однородной анизотропной среде электрода A определяет выражение:

$$e_A = \epsilon_0 \lambda \rho_m I = \epsilon_0 \rho_m I. \quad (3)$$

Так как поля \mathbf{E}^e заряда e_A и потенциала U^e - сферически-симметричны, то, согласно (1) - (3),

$$U^e = \frac{\lambda \rho_m I}{4\pi R} = \frac{\rho_m I}{4\pi R}. \quad (4)$$

В соответствии с (4) в однородной анизотропной среде составляющая \mathbf{E}^e поля \mathbf{E} (и её потенциал U^e) зависит от одного электрического параметра - ρ_m . Но в такой среде есть и другая составляющая \mathbf{E}^δ поля \mathbf{E} , источниками которой являются объёмные индуцированные заряды с плотностью δ . В работе [Kaufman, Keller, 1989] показано, что плотность δ этих зарядов определяет выражение:

$$\delta = \epsilon_0 \left(1 - \frac{1}{\lambda^2}\right) \frac{\partial E_z}{\partial z} = -\epsilon_0 \left(1 - \frac{1}{\lambda^2}\right) \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}. \quad (5)$$

Согласно (1) - (4), для потенциала $U^\delta = U^A - U^e$ составляющей \mathbf{E}^δ поля \mathbf{E} получаем:

$$U^\delta = \frac{\rho_m I}{4\pi} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + \lambda^2 z^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \right). \quad (6)$$

Плотность δ , согласно (5), зависит от коэффициента анизотропии λ и компоненты поля \mathbf{E} по направлению оси анизотропии n . Из (1), (5) для плотности зарядов δ получаем:

$$\delta = \frac{\epsilon_0 \rho_m I}{4\pi} (\lambda^2 - 1) \cdot \frac{x^2 + y^2 - 2\lambda^2 z^2}{\left(\sqrt{x^2 + y^2 + \lambda^2 z^2}\right)^5}. \quad (7)$$

Согласно (7), на круговой конической поверхности $x^2 + y^2 = 2\lambda^2 z^2$ имеем $\delta = 0$. При переходе через эту поверхность плотность электрических зарядов δ меняет знак. Рассмотрим следующий случай, отвечающий "парадоксу анизотропии". На оси анизотропии Z (при $x=0$, $y=0$) из (4), (6) для ненулевой, z - компоненты $E_z = -\partial U / \partial z$ полей $\mathbf{E}^e = \text{grad} U^e$, $\mathbf{E}^\delta = \text{grad} U^\delta$, $\mathbf{E}^A = \text{grad} U^A$ получаем:

$$E_z^e = \frac{\rho_m I}{4\pi} \cdot \frac{z}{|z|^3} \lambda, \quad E_z^\delta = \frac{\rho_m I}{4\pi} \cdot \frac{z}{|z|^3} (1 - \lambda), \quad E_z^A = E_z^e + E_z^\delta = \frac{\rho_m I}{4\pi} \cdot \frac{z}{|z|^3}, \quad (8)$$

то есть на оси анизотропии Z абсолютная величина $|E_z^A|$ в λ раз меньше значения $|E_z^e|$ и ненулевая компонента E_z^A суммарного поля \mathbf{E}^A точечного токового электрода A зависит от одного электрического параметра среды - продольного удельного электрического сопротивления ρ . По нашему мнению выражения (8) служат простым пояснением тому явлению, которое было названо "парадокс анизотропии".

В докладе приведены результаты численных расчётов, которые служат иллюстрациями к приведенным в этой работе выражениям для электрического поля \mathbf{E}^δ и его источников - объёмных электрических зарядов с плотностью δ в однородной анизотропной среде.

Литература

1. Заборовский А.И. Электроразведка. М. Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1963. 429 с.
2. Kaufman A.A., and Keller G.V. Induction logging. Methods in geochemistry and geophysics, Volume 27. 1989, 600 pp.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ МЕНЯЮТ ФИЗИКУ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Королева А.О.

koroleva.alaska@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Землетрясения происходили и происходят постоянно. По физической сущности они представляют собой разрядку механических напряжений, которые возникают вследствие смещений континентальных плит, эпейрогенических движений земной коры, изостатической неуравновешенности литосферы, и техногенных воздействий на поверхность Земли. Наибольшая часть накопленной энергии разряжается в очаге землетрясения и непосредственно вблизи его окрестности. На дневной поверхности по геоморфологическим признакам можно наблюдать лишь незначительные проявления происходивших в прошлом землетрясений, а основные нарушения происходят на около очаговых глубинах. Глубины очагов землетрясений зависят от их причин и варьируются в широких пределах, от нескольких километров до нескольких десятков километров. Разрядки деформационных напряжений оставляют следы в земной коре в виде многочисленных трещин, изменений текстуры, пористости, проницаемости, прочностных свойств пород, которые существуют длительное время после землетрясений. В окрестностях палеоземлетрясений можно наблюдать комплекс аномальных факторов, таких как проявление грязевого вулканизма, высокая эмиссия метана, тепловые аномалии, радоновые аномалии, участки с повышенной микросейсмической низкочастотной эмиссией и др. Обычно такие аномальные явления выстраиваются вдоль очагов прошлых землетрясений [1].

Перечисленные изменения физики земной коры вследствие ранее произошедших землетрясений нарушают её монолитность и представляют собой рискованные участки при проектировании и строительстве крупных инженерных объектов, таких как нефтегазопроводов, мостов, портовых сооружений. Такие участки могут быть обнаружены и локализованы современными методами геофизической разведки. Наиболее приемлемыми на наш взгляд являются методы:

- магнитная съемка по отдельным площадкам или полосам;
- электрические методы (различные модификации зондирования, измерения естественного поля и др.);
- газовая съемка;
- сейсмическая фоновая регистрация в низкочастотном диапазоне (0,05-0,5 Гц);
- радоновая съемка.

Западная часть Черного моря неоднократно подвергалась разрушительным землетрясениям и физическое состояние пород земной коры этого региона неоднородно по своим физико-механическим свойствам. К этому региону в первую очередь следует отнести окрестности мегаполиса Стамбул, а также полуостров Крым и Черноморское побережье России, в которых в настоящее время строятся крупные инженерные объекты. При проектировании таких объектов важно знать динамику тектонических процессов, которую можно определить вышеперечисленными методами в мониторинговых режимах.

Землетрясение 1894 г. в районе Мраморного моря не относится к числу хорошо известных, однако существует несколько весомых причин рассмотреть событие подробно и разносторонне, на уровне современных возможностей. Среди них следующие:

- 1) Существенные расхождения в определении очаговых параметров в разных публикациях и каталогах.
- 2) Расположение очага на западном краю известной своей тектонической и сейсмической активностью зоны Северо-Анатолийского разлома на переходе из тектонической области Анатолии к области Эгейды, где зона расщепляется и изгибается.
- 3) Выявление вполне определенно геологическими методами трасс активных разломов и их кинематики, а измерениями GPS - векторов и величин смещений множества пунктов в регионе.

- 4) Наконец, едва ли не главное побудительное обстоятельство заключается в относительной близости очаговой области к г. Стамбул, мегаполису с населением более 11 млн. чел. и важнейшим пунктом на южных путях из Европы в Азию. Уже к началу XXI в. была определена 60% вероятность сильного землетрясения вблизи г. Стамбул и возможность реального события в течение 30 лет.

В этих условиях детальное рассмотрение всего комплекса данных отдельно и в совокупности представляется вполне актуальной задачей. Ранее первичные данные и сведения об этом событии не обрабатывались совокупно и не соотносились с накопленными геолого-геоморфологическими и геофизическими материалами по данному региону. Основной фактический материал почерпнут из публикации Директора Геофизической обсерватории в Афинах Д. Эгнитеса [2], который сам обследовал потрясенную область и собирал сведения от местных жителей, а также из забытой публикации очевидца из России [3]. Учтены также оценки интенсивности в нескольких дополнительных пунктах из каталога землетрясений Турции [4].

Эпицентральная область землетрясения 10.07.1894 г. уверенно определяется не только по распределению пунктов с устанавливаемой интенсивностью сотрясений, но и по комплексу показательных, согласующихся между собой признаков. К ним относятся предвестниковые, сопровождающие и последовавшие за главным толчком явления. Среди явлений отмечались тепловые аномалии в разных средах, гул, возникновение трещин. Учтены также оценки интенсивности в нескольких дополнительных пунктах из доступных источников [5,6,7]. Таблицы «пункты-баллы» (22 пункта), картосхемы макросейсмического поля и определения параметров очага, а также использованные конкретные приемы обработки макросейсмических сведений для определения очаговых параметров землетрясения подробно изложены в [8].

Исследование позволило выявить ближайшую к г. Стамбул сейсмогенную зону с преобладанием сдвиговых смещений. Оценки сейсмической опасности города, несомненно, должны учитывать потенциал многих очаговых областей в окружении, изученная ближайшая должна включаться в их число. Выполненная работа может оказаться полезной для уточнения сейсмического риска столь крупной городской агломерации как стамбульская с числом жителей свыше 11 млн. Ввиду отсутствия прежде надежных оценок очаговых параметров землетрясения 1894 г. и обоснованного определения сеймотектонической позиции его очага прежние оценки потенциала и опасности не могли быть полноценными и нуждаются в уточнении.

Литература:

1. Электроразведка. Справочник геофизика. — М.: Недра, 1980
2. Eginites D. Le tremblement de terre de Constantinople du 10 juillet 1894 // *Annales de Geographie* publiees par Yidal de la Blache 1895. № 15. Pp. 151-165.
3. Андрусов Н.И. Экспедиция «Селяника» на Мраморное море // *Записки Импер. Русск. Географ. общ-ва*. 1896. С. 15-19.
4. Soysal H., Sipahioglu S., Kolcak D., Altinok Y. *Turkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu*. İstanbul, 1981. 124 p.
5. Dück J. Die Erdbeben von Konstantinopel // *Erdbebenwarte*. 1904. J. III. N 10, 11, 12. P. 177-252.
6. Soysal H., Sipahioglu S., Kolcak D., Altinok Y. *Turkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu*. İstanbul, 1981. 124 p.
7. Интернет-ресурс <http://www.emsc-csem.org> European Mediterranean Seismological Centre (EMSC).
8. Королева А.О., Никонов А.А. Малоизвестное разрушительное землетрясение в Мраморном море 10.VII.1894 г.: уточнение параметров по макросейсмическим данным // XVIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Нерюнгри. 30 марта - 01 апреля 2017 г.

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Кравцов А.А, Катаев Е.М, Новиков П.В.

votsvark88-95@mail.ru, eug.cataev@yabdex.ru, noviptr@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Под физико-геологической моделью (ФГМ) понимают обобщенное описание абстрактного возмущающего тела, обобщенные размеры, форма и контрастность физических свойств которого аппроксимирует реальные геологические объекты, подлежащие обнаружению. ФГМ – это обобщенное и формализованное представление о целой группе объектов, т. е. это абстракция типа «описание – обобщение». ФГМ – основа физического и математического моделирования. Сложные по морфологии и вещественному составу геологические объекты заменяются сочетанием геометрически правильных объектов (сфера, цилиндр) с неизменными физическими свойствами.

К основным свойствам ФГМ относятся:

- вероятностный характер, обусловленный стохастичностью используемых для её построения геологических и петрофизических данных;
- полиморфность, которая проявляется в многообразии размеров, форм и физических параметров её элементов;
- простота расчета ожидаемых физических полей;
- схематизированный и обобщенный характер полей, который отражает наиболее существенные черты данного класса объектов.

ФГМ должна:

- соответствовать целям и задачам исследований, типу района и условиям ведения работ;
- отражать состояние геолого-геофизической изученности данного класса объектов;
- учитывать связь между геологическим строением объекта и геофизическими критериями включения в модель её элементов;
- характеризоваться оптимальной сложностью.

Физико-геологическая модель состоит из частных моделей. К частным моделям относятся:

- геологическая модель – система элементов геологического строения, описывающая состав, структуру, размеры, форму исследуемого геологического объекта. В отличие от геологического разреза или блока геологическая модель носит обобщенный характер без второстепенных элементов строения[1].
- петрофизическая модель характеризует распределение физических свойств в пространстве (плане, разрезе).
- модель физических полей – описание физических полей на разных уровнях, интенсивность поля, морфология, нормальное поле, размеры аномалий, помехи.

Майманджинская перспективная площадь расположена в северной части Хасынского и Ольского районов Магаданской области, в 180 км от г. Магадана. Целевым назначением работ по объекту «Поисковые работы на золото и серебро в пределах Майманджинской перспективной площади (Магаданская область)» является локализация участков, перспективных на выявление золото-серебряных месторождений золота.

Наибольший поисковый интерес представляют структуры с практически полным набором металлотектов: Грабен-синклиналь Золотинка (участок Девятый), перемычки между структурами (Участки Эрэк, Фатум). Первый участок рассматривается как первоочередной на вулканогенное (близповерхностное) золото-серебряное оруденение, последние – на серебро-полиметаллическое.

Золото и серебро. На площади работ известно 70 проявлений серебра и золота. Устойчивые шлиховые ореолы золота выявлены по руч. Соната, Осадочный, в верховьях руч. Березовый. Преобладающие размеры золотин – от 0.1 до 0.3 мм, золото, как правило,

слабо окатанное, лишь в бассейне руч. Соната отмечается золото со сглаженными краями и ровной поверхностью. Шлиховой ореол серебра установлен по правому притоку руч. Осадочный.

Коренные проявления благородных металлов на площади относятся к золото-серебряной (уч. Березовый, Осадочный, Девятый, Звонкий, Сахчан, Фурор) и серебро-полиметаллической (уч. Фатум, Эрек, Ручной) формациям.

Золото-серебряные проявления чаще всего приурочены к экзо- и эндоконтактовым зонам гранитоидных массивов, а также субвулканических тел риолитов. Выделяется два основных морфологических типа: 1) Неоднородные по строению сульфидизированные зоны дробления, сопровождающиеся маломощными короткими кварцевыми прожилками и жилами с содержаниями в пределах – золота 0.4-3.0 г/т и серебра 8-30 г/т (уч. Березовый, Осадочный, Сахчан, Фурор). Характерна березитизация вмещающих пород. 2) Прожилково-жилые, жилые зоны и отдельные жилы кварцевого, сульфидно-кварцевого состава, включающие золото-серебряную минерализацию (уч. Девятый, Звонкий). Жилы, как правило, маломощные 0.2-0.8 м и короткие по протяженности до 100-150 м. Содержания золота до 60 г/т и серебра 1000 г/т (уч. Девятый). Характерна гидрослюдизация и каолинизация вмещающих околорудных пород.

Проявления серебро-полиметаллической формации (уч. Эрек, Фатум, Ручной) также как и золото-серебряной тяготеют к приконтактовым зонам гранитоидных массивов, но в большей степени подчинены тектоническому контролю. Представляют разобщенные, маломощные 0.05-0.15 м сульфидно-кварцевые, сульфидные короткие прожилки и зонкипрожилкования, выполняющие вертикальные и субвертикальные тектонические трещины в экзоконтактовой зоне гранитоидных массивов. Содержания серебра могут достигать 1000 г/т (уч.Эрек)

Рудное поле рудопроявления Девятый имеет размеры 6х3.5 км, вытянутое в северо-западном направлении, так же ориентировано и большинство гидротермально-метасоматических зон. Золото-серебряное оруденение связано с адуляр-гидрослюдисто-кварцевыми жилами и прожилковыми зонами.

Значимые, в поисковом отношении, результаты получены по канаве К-6Д. В коренном залегании были пересечены и опробованы несколько обширных зон интенсивного проявления каолин-адуляр-гидрослюда-кварцевого метасоматоза мощностью до 83.8 м (интервал 431.5-515.3 м). В их пределах наблюдались зоны адуляр-гидрослюдисто-кварцевого и кварцевого прожилкования мощностью до 28 м с прожилками от первых мм до 1 см (интервал 251-279 м). По полученным данным бороздового опробования уровень содержания золота характеризуется сотыми г/т. По своему характеру вскрытые гидротермально-метасоматические зоны соответствуют верхним частям гидротермальной колонны (“каолиновая шляпа”). Соответственно, это надрудный диапазон, а рудный может быть обнаружен глубже по падению бурением. Аналогичный состав надрудных метасоматитов зафиксирован на месторождении Сопка Кварцевая (Магаданская область). Исходя из строения объекта-аналога, локализацию рудного уровня в метасоматических зонах участка Южный следует ожидать на глубинах 100-150 м от дневной поверхности.

Литература:

1.Варгунина Н.П., Константинов М.М., Косовец Т.Н., Стружков С.Ф., Сынгаевский Е.Д., Шишакова Л.Н. Золото-серебряные месторождения. Издание:ЦНИГРИ, Москва, 2000 г., 239 стр., УДК: 553.411.412, ISBN: 5-85657-091-X

2.Круглов В.М., Марков В.А., Артюковский В.А. Отчет о геологоразведочных работах, проведенных Карамкенской геологоразведочной партией на Карамкенском золото-серебряном месторождении в 1984-85 гг. п.Карамкен 1986 г. 150л., 47/47гр., 1 кн., 1п

3.Стружков Ф.Э. Морфология рудных тел золото-серебряного месторождения и совершенствование методики их разведки. Тр.ЦНИГРИ, Москва, 1978 г., вып.133 стр 144-151.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ БЕСКЕРНОВОГО БУРЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО БАССЕЙНА

Кузнецов П.Ю., Гриб Н.Н.

kuznetsov.pavel.yu@gmail.com, Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Нерюнгри, Россия

Повышение экономической эффективности эксплуатации месторождений полезных ископаемых горными предприятиями в современных условиях тесно связано с понятием геориска освоения недр. Смысловая нагрузка понятия геориска освоения недр определяется процессом выявления возможных проблем, способных вызвать вероятные экономические и социальные потери горного предприятия и социума, связанные с эффективным и безопасным освоением месторождения полезного ископаемого [1, 2, 3, 4]. При этом особую актуальность оценка геориска освоения месторождений полезных ископаемых приобретает для моногородов, экономическая деятельность которых зависит от эффективного функционирования горного предприятия. Именно такая ситуация на сегодняшний день характерна для ряда населенных пунктов, приуроченных к Южно-Якутскому угольному бассейну.

Логично предположить, что снижение уровня геориска освоения месторождения будет зависеть от оперативности и эффективности решения проблем и задач, возникающих в процессе эксплуатации горного предприятия, которые должны быть ранжированы по значимости с учетом времени их актуализации. Спектр всех возможных проблем и порядок их актуализации для любого горного предприятия, разрабатывающего месторождение полезных ископаемых, является уникальным и формируется еще на этапе проектирования горного предприятия с последующей его корректировкой вплоть до завершения рекультивационных работ. Но при этом стоит отметить, что существует ряд однотипных проблем и задач, возникающих у горных предприятий при эксплуатации любого типа месторождений полезных ископаемых. Одной из таких проблем является проблема получения достоверной геологической информации, позволяющей повысить эффективность ведения горных работ при снижении экономических затрат.

Решение обозначенной выше проблемы предопределяется уровнем достоверного изучения всех инженерно-геологических, горно-геологических и технологических параметров эксплуатируемого месторождения, их количественного и качественного распределения в пространстве, выявления характера зависимостей между различными параметрами и их влияния на экономические показатели горного предприятия. Достижение необходимого уровня достоверной изученности, как правило, связывают с методологией разведки месторождения полезных ископаемых.

В условиях Южно-Якутского угольного бассейна решение обозначенной проблемы можно достичь внедрением геолого-геофизической технологии бескернового бурения (ГТТББ) разведочных скважин на стадии эксплуатации горного предприятия. Данная технология, предложенная Гречухиным В.В. [5], подразумевает под собой применение методов геофизических исследований скважин в качестве замены традиционного кернового опробования. Адекватность и возможность реализации данного подхода определяется на основе математически обоснованного сопоставления данных геофизических исследований скважин и их кернового опробования, выполненных в параметрических скважинах. Опираясь на тот факт, что бурение геологоразведочных скважин при разведке угольных месторождений Южно-Якутского бассейна сопровождалось обязательным проведением в них геофизических исследований, то создание систем параметрических скважин не представляет собой большой сложности. Таким образом, для условий Южно-Якутского угольного бассейна внедрение ГТТББ разведочных скважин на стадии эксплуатационной

разведки месторождений, учитывая рекомендации Гречухина В.В. [5] может быть реализовано в следующих вариантах:

1. Полное бескерновое бурение разведочных скважин – вся скважина бурится без керна по углям и вмещающим породам, объем бекернового бурения достигает 80% от общего объема бурения при наличии порядка 20% параметрических скважин, пройденных с полным подъемом керна.
2. Частичное бескерновое бурение разведочных скважин - только часть разведочных скважин бурится без керна по углям и вмещающим породам, а другая часть скважин бурится с подъемом керна по углям и вмещающим породам при наличии параметрических скважин пройденных с подъемом керна.
3. Комбинированное бескерновое бурение разведочных скважин – рабочие угольные пласты проходятся с не лимитированным подъемом керна, а вмещающие породы – без керна при наличии определенного количества параметрических скважин, пройденных с подъемом керна.

Выбор варианта применения ГТТБ разведочных скважин на стадии эксплуатации угольных месторождений зависит от возможности обеспечения необходимых условий применения геофизических исследований скважин, изложенных в нормативном документе «Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы» [6]. При этом, согласно исследованиям представленных Гречухин В.В. в работе [5], ожидаемый экономический эффект от внедрения ГТТБ разведочных скважин на угольных месторождениях при эксплуатационной разведке может быть выражен в увеличении производительности труда на 168%-246% при снижении затраты на производство работ на 58%-62%.

Таким образом, внедрение ГТТБ разведочных скважин на стадии эксплуатации угольного месторождения позволяет без разряжения сети опробования повысить информативность разведочных работ при снижении затрат на их производство, что в свою очередь позволит снизить уровень геориска освоения месторождения в целом.

Литература

1. Смолич С.В. Геориски квалиметрии недр (геостатистика в приложениях): учеб. пособие / С.В. Смолич, К.С. Смолич. – Чита: ЗабГУ, 2015. – 221 с.
2. Едигенов М.Б. Инженерно-рудничная геология и геориски на месторождениях Северного Казахстана: автореф. дисс. ... д-ра. геол.-минерал. наук: 25.00.08. - Бешкек, 2017. - 46 с.
3. Шаклейн С.В. Оценка риска пользования недрами: учеб. пособие / С.В. Шаклейн, Т.Б. Рогова. – Кемерово: КузГТУ, 2009. - 120 с.
4. Marcelo G. The effective management of geological risk in long-term production scheduling of open pit mines: PhD Thesis. / G. Marcelo. - School of Engineering, The University of Queensland, 2003. - 256 p.
5. Геофизические методы изучения геологии угольных месторождений / В. В. Гречухин [и др.]. – М.: Недра, 1995. – 477 с.
6. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы. – М.: ФГУ ГКЗ, 2007. – 34 стр.

ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ СБОРА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Кушнерова Ю. Н.

jbeinara@gmail.com, МГРИ-РГГРУ, ООО «Петротрейс», Москва, Россия.

Сейсмическая разведка является ведущим методом геофизических исследований земной коры. Лидирующее положение метода в разведочной геофизике обусловлено его большой глубиной при высокой детальности исследований.

Сейсморазведка основана на изучении распространения в горных породах искусственно возбуждаемых упругих волн. Вызванные взрывом, ударом или вибрацией сейсмического источника, упругие колебания распространяются во все стороны и проходят толщу земной коры. Здесь они претерпевают преломление и отражение на границах горных пород с различными упругими свойствами и частично возвращаются к дневной поверхности, где во множестве точек наблюдения регистрируются высокоточной аппаратурой. По записям этих волн строят сейсмические изображения геологических объектов, что позволяет определить их глубины и формы, а также прогнозировать их литологический состав.

Чрезвычайно велико значение метода при поисках и разведке месторождений нефти и газа как на суше, так и на море.

В настоящее время преобладающую часть геофизической информации о строении земных недр получают с помощью отраженных волн. По этой причине метод отраженных волн (МОВ) является основным, хотя практическая сейсморазведка начиналась с метода преломленных волн (МПВ).

В понятие методики полевых работ включает такие элементы сейсморазведки, как системы наблюдений, сети профилей, условия возбуждения и приема колебаний, параметры их записи.

Системой наблюдений называют взаимное расположение пунктов возбуждения (ПВ) и пунктов приема (ПП) колебаний. Она образуется при последовательном перемещении базы наблюдений, которая состоит из сейсмической расстановки и сейсмических источников. Сейсмическая расстановка – это совокупность всех пунктов (точек) приема, в которых одновременно записывают колебания от единого источника. Системы наблюдений различаются по многим показателям, например, размерности, кратности, регулярности.

Размерность системы наблюдений определяется пространством размещения ПВ и ПП. Когда они расположены вдоль одной линии (профиля), имеет место двумерная сейсморазведка, которую называют линейной, или профильной. В общем случае по линейным наблюдениям объемного сейсмического поля исследуемого объекта невозможно однозначно определить его пространственное положение.

Эта задача успешно решается трехмерной сейсморазведкой, которую называют площадной, пространственной, или объемной. Здесь пункты возбуждения и приема располагают на дневной поверхности таким образом, чтобы с необходимой детальностью наблюдать волновое поле в горизонтальном сечении.

Общий принцип проектирования рациональной системы наблюдений – обеспечение достаточной информативности полевых записей при минимальных затратах на их получение. Изучение условий прослеживаемости целевых волн – основа выбора рациональной системы наблюдений. С этой целью на площади предстоящих исследований выполняют волновые зондирования, модельные расчеты волновых полей по имеющимся материалам

вертикального сейсмического профилирования. Комплекс таких исследований, наряду с результатами предшествующих опытных и производственных работ, позволяет установить зону прослеживаемости каждой целевой волны, т.е. интервал дистанций с наиболее благоприятными условиями наблюдения.

При работах МОВ полезные волны желательно наблюдать возможно ближе к источнику. На таких сейсмограммах отражения от близких границ наиболее разрешены между собой, а лучевые траектории при малых углах падения минимально отличаются от прямолинейных, что благоприятно для точности структурных построений. При работе с поверхностными источниками, когда на ПВ возникают сильные волны-помехи, приходится прибегать к достаточно большим выносам. Увеличенные дистанции используют для обеспечения подавления мешающих многократных отражений, которые вблизи источника практически неотличимы от полезных волн. К тому же наблюдения отраженных волн на больших дистанциях обеспечивают высокую точность оценки сейсмических скоростей, без чего невозможна достоверная интерпретация полевых материалов. Также в реальных тонкослоистых средах с увеличением дистанции возрастает интерференционный характер полезных волн, снижается стабильность их кинематических и динамических параметров и повышается относительная интенсивность преломленных и отраженно-преломленных волн-помех.

Заказчику был представлен результат выполненной обработки сейсмических трасс и временной разрез. После наблюдений клиента был получен запрос на восстановление информации из отмеченных зон (washout zone). Была поставлена задача объяснить заказчику, что информацию невозможно восстановить в связи с *особенностями параметров сбора и геологических условий, а выполненная обработка является оптимальной.*

Был произведен анализ съемки. Анализировались данные геометрии, карты высот и карты с позициями скважин, гистограммы распределения смещения и азимута, гистограммы выносов, гистограммы Xline и Inline Offset, диаграмма роз.

Как выяснилось, данная расстановка не может зарегистрировать такое количество полезных отражений, чтобы восстановить информацию. Чтобы это сделать понадобится более протяженная, широкоазимутальная расстановка с Большими выносами.

Для подтверждения этой гипотезы были созданы специальные модели - сейсмические данные с использованием двух полей скорости: постоянные скорости для пластов, ограниченных горизонтами, полученными от клиента и рассчитанная на основе мгновенных скоростей, выделенных для 3 горизонтов из исходной модели временной скорости для PSDM - близко к реальности (градиентная среда). Было проведено исследование с целью выявления происхождения и причин, приводящих к существованию таких зон «отсутствия».

Моделирование сейсмических данных, выполненных на основе созданных полей скорости, показало, что наличие зон ухудшения прослеживаемости вызвано не оптимальными параметрами захвата (слишком малый активный спред для регистрации глубоких событий). Кроме того, сложные геологические условия образуют теневые зоны, которые очень трудно регистрировать. Из предоставленных исследований видно, что эти зоны не связаны с параметрами обработки сигналов. Ошибка заказчика заключалась в том, что на этапе планирования полевого сбора не осуществили моделирование волновых уравнений специально для сложных геологических условий, чтобы выбрать правильную систему сбора и минимизировать появление зон «отсутствия».

Список литературы:

1. Боганик Г. Н., Гурвич И. И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь, 206. Стр. 294, 296, 314

ИГНОРИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК СНИЖАЕТ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОИСКОВ НОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Лобанов А.М., Иванов А.А.

Lobannet@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Научные предпосылки поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (МПИ) были хорошо разработаны в СССР. Применение их на практике позволило Советскому Союзу быть обеспеченным всеми видами полезных ископаемых. Основателями разработок были отечественные ученые и практики, в том числе, профессор МГРИ, д.г.-м.н., лауреат Государственной премии В.В. Бродовой, профессор МГРИ А.А.Никитин [1,3]. Игнорирование этих положений при поисковых работах на нефть и газ привело к тому, что уже в течение многих лет прирост запасов резко отстает от объемов добычи УВ [4,5]. Основные положения научных и практических разработок поисков месторождений полезных ископаемых заключаются:

- в применении системного подхода в геофизических исследованиях, который характеризуется элементарным составом методов и видов исследований для каждой стадии и геологической задачи, определенной последовательностью выполнения геофизических работ и сочетанием их с геологическими задачами;
- формировании подсистем геофизических работ для каждой стадии и подстадии геологоразведочного процесса с учетом всех возможных методов, которые могут быть применены для решения задач выбранной стадии или подстадии;
- в определении типовых комплексов геофизических работ для наиболее характерных геологических и геоморфологических условий;
- в разработке рациональных геофизических комплексов применительно к конкретным объектам.

В настоящее время методические подходы к проведению поисковых работ на обнаружение новых залежей часто игнорируются, масштабы и комплексы стадий поисковых исследований выбираются без должного обоснования. В практику геологоразведочных работ менеджерами внедрена блокчейновая технология, которая оправдана при однообразных конвейерных производствах, а не при исследованиях неизвестных объектов. Нередко организациям дают не геологическую задачу, а техническое задание, типа: «провести 100км профилей сейсморазведкой 2д, 100 км гравиметрических профилей, 100 км. магнитки и столько же профилей ВЭЗ». А в чем заключается геологическая задача и как она обоснована петрофизическими моделями, исполнителям не сообщают, и не настраивают коллективы специалистов на ее решение. Заказчики работ, современные менеджеры, часто не представляют физические основы и различия получаемой информации геофизическими методами. Предпочтения отдаются дорогостоящим методам, полагая, что и геологическая эффективность этих методов самая высокая. Геологоразведочные работы относятся к научно-исследовательским работам, и в первом пункте пообъектных планов организаций должна стоять геологическая задача, она же должна фигурировать в последующих этапах полевых и камеральных работ. Весь коллектив геологоразведочных организаций, от коллектора, до начальника должен быть настроен именно на решение геологической задачи, за успешное решение которой в Советском Союзе давались премии и государственные награды. Изобилие иностранных терминов в современном языке (блокчейн, аутсорсинг, краудфандинг, цифровая экономика и др.) приводит к подмене понятий, скрывает непрофессионализм менеджеров от геологии и способствует нецелевому использованию финансовых средств.

Термин «Цифровая технология в геологоразведке» часто трактуется как возможность переобработки по новым компьютерным технологиям материалов полевых измерений, сделанных ранее, и открывать таким образом новые залежи МПИ в кабинетах, не производя новых полевых измерений. Не отрицая широкие возможности и эффективность использования для обработки и интерпретации цифровых технологий, в

геофизике потенциальных методов, которые являются доминирующими при поисковых стадиях и глубинных исследованиях, этот подход не всегда оправдан и был отвергнут еще в 70-е годы прошлого века. Низкое качество геофизических наблюдений, топографо-геодезического обеспечения, аналоговая регистрация полей не подходят требованиям современных геоинформационных систем. Кроме этого, геофизические поля не являются статичными, они переменны. Например, магнитная съемка должна обновляться каждые 5 лет, промышленно-геофизические данные по скважинам находятся в постоянном изменении и их переинтерпретация может привести к ложным результатам. Несоответствие масштабов съемок также несет искажение в результаты геологических построений. Например, гравиметрическая карта М 1:200 000 уже давно выработала свой информационный ресурс и в настоящее время актуальным является проведение общегосударственной гравиметрической съемки м-ба 1:50 000 [2]. Прогресс в развитие гравиметрического приборостроения, спутниковой навигации, в производительности измерений и появление портативных абсолютных гравиметров, а также новые теоретические разработки, позволяющие существенно уменьшить область неоднозначности решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки, позволяют по новому оценить геологическую эффективность потенциальных методов, существенно сократить сроки обнаружения перспективных структур и резко снизить финансовые затраты. Особо следует учесть отсутствие экологического ущерба гравиметрических и магнитных съемок по сравнению, например, с сейсморазведкой.

Литература

1. Бродовой В.В. Комплексование геофизических методов: Учеб. для вузов – М.: Недра. 1991,-330с.: ил.
2. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Буш В.А., Трусов А.А. Интерпретация аэрогеофизических данных при поисках месторождений нефти и газа. Разведка и охрана недр, 2006, №5. с. 13-18.
3. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексование геофизических методов: учебник для вузов. – М.: ВНИИГеосистем, 2012. – 346 с.: ил.
4. Панов Р.С. Инвестиции в геологоразведку снизятся на 10% в 2017 году.- РИА Новости 31.10.2016.
5. Ростовцев В.Н. Государство должно вновь заняться изучением недр, а не только контролем за использованием. В мире нефтегазовых технологий. OilGasCom. 2018. oilgascom.com/rostovcevtomko-buisinessexploration/

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЖСКВАЖИННОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ БЕТОНА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ОПОР АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭСТАКАДЫ

Магомедов М.М.¹, Чуркин А.А.², Лозовский И.Н.²

¹ Российский Государственный Геологоразведочный Университет им. Серго Орджоникидзе (МРГИ-РГГРУ), Москва, Россия

² ООО «ЭГЕОС», Москва, Россия

e-mail: piles@aigeos.ru

На этапе сооружения фундаментов автомобильной эстакады в Московской области были проведены геофизические исследования с целью контроля сплошности бетона буронабивных свай. Работы производились ультразвуковым методом контроля сплошности бетона в соответствии с международным стандартом ASTM D6760 - 16.

Контроль сплошности бетона фундаментов глубокого заложения ультразвуковым методом основан на определении параметров ультразвуковых волн (скорость распространения и затухание), распространяющихся между установленными в составе арматурного каркаса трубами доступа, с целью получения выводов о сплошности бетона конструкции.

Скорость распространения и затухание ультразвуковых волн в свае зависят от свойств материала конструкции. Скорость распространения ультразвуковых волн в бетоне хорошего качества обычно составляет 3.5 - 4.5 км/с. Наличие в свае инородных включений (грунт, шламовый материал, вода, бентонит, пустоты) или бетона с нарушенным составом приводит к локальному снижению скорости распространения ультразвуковых волн и повышению значений затухания зарегистрированного сигнала.

Исследования по методике параллельных прозвучиваний позволяют обнаружить области нарушения сплошности бетона, расположенные в пределах плоскостей между осями труб доступа, локализовать их по глубине и производить оценку их расположения в пределах сечения сваи. Дополнительные исследования по методике межскважинной ультразвуковой томографии позволяют производить оценку геометрических размеров и физических свойств выявленных областей нарушения сплошности бетона сваи.

Размер аномальных зон, которые возможно локализовать ультразвуковым методом, сопоставим с длиной ультразвуковой волны и зависит от центральной частоты ультразвуковых преобразователей, положения зоны в пределах контролируемой области, расстояния между трубами доступа, физических свойств зоны и др.

Для испытания свай ультразвуковым методом использовался комплект оборудования ПУЛЬСАР-2.2 «ДБС» компании ООО НПФ «ИНТЕРПРИБОР» (Россия, г. Челябинск). Центральная частота ультразвуковых преобразователей – 35 кГц.

Для проведения контроля сплошности сваи по методике параллельных прозвучиваний в одну трубу доступа до нижней отметки погружали источник ультразвуковых волн, а в другую приемник ультразвуковых волн. Источник и приемник синхронно поднимали и с заданным шагом производили возбуждение и регистрацию ультразвуковых сигналов. Контроль сплошности бетона выполнялся от нижней отметки труб доступа до верхней отметки бетона конструкции для каждой пары труб доступа, установленных в конструкцию.

По результатам контроля сплошности бетона ультразвуковым методом по методике параллельных прозвучиваний на объекте испытаний в буронабивной свае на одном профиле измерений была выделена аномальная зона в диапазоне глубин -1 – -2 м относительно верха бетона сваи. Снижение скорости распространения ультразвуковых волн (до 2.75 км/с) составило более 25% от среднего значения скорости на профиле измерений.

По результатам испытаний было принято решение об извлечении керна по центру сечения между трубами доступа до относительной отметки -3 м. Анализ извлеченных

образцов и результаты их испытания разрушающим методом не выявили снижения прочности материала относительно проектных значений. Оставшееся после извлечения керна отверстие было забетонировано.

Для уточнения расположения, геометрического размера и физических свойств выявленной аномальной зоны были выполнены дополнительные исследования по методике межскважинной ультразвуковой томографии. Измерения производились «вверным» способом [1]. Исследования производились в диапазоне относительных отметок -0.1 – -4 м. Шаг измерений составил 25 см и для источника, и для приемника ультразвуковых волн.

Решение обратной задачи производилось в программном комплексе ZondST2D (Zond Software, г. Санкт-Петербург, Россия). В качестве стартовой модели была выбрана модель с линейно уменьшающейся снизу-вверх с 3.8 до 3.4 км/с скоростью (по данным метода параллельных прозвучиваний). Область исследований (0.6 x 3.9 м) была разделена на 11 ячеек по латерали и на 18 ячеек по вертикали. Подбор скорости, исходя из априорных представлений, был ограничен диапазоном 1.0 – 4.4 км/с.

На полученной в результате расчета карте распределения скорости ультразвуковых волн в диапазоне относительных отметок -1.9 – -0.7 м была локализована узкая аномальная зона, примыкающая к одной из труб доступа, характеризующаяся падением скорости до 2.5 км/с.

Выделенная аномальная зона связывается с нарушением контакта между бетоном свай и трубой доступа и не интерпретируется в качестве нарушения сплошности бетона конструкции. По результатам испытаний технология бетонирования свай была скорректирована, и в процессе бетонирования верхней части свай было применено виброуплотнение бетона. При проведении ультразвуковых испытаний свай, изготовленных после внесения изменений в технологию бетонирования, ультразвуковых аномалий зарегистрировано не было.

Список использованной литературы:

1. Болгаров А.Г., Рослов Ю.В., Межскважинная сейсмическая томография для решения инженерно-геологических задач // Технологии сейсморазведки. – 2009 – № 1. – С. 105–112.
2. Программа двумерной обработки и интерпретации сейсмических данных (наземный, скважинный и акваторный варианты). ZONDST2D. Руководство пользователя. [Электронный ресурс] – <http://zond-geo.ru/software/seismic/zondst2d/> – 2016.
3. СТО ЭГЕОС 1-1.1-001-2018. Стандарт организации. Применение неразрушающего контроля сплошности свай ультразвуковым методом – 2018;
4. Хмельницкий А.Ю., Капустин В.В., «Применение волновых методов для неразрушающего контроля строительных конструкций» // Изд-во «Университетская книга». – 2013.
5. Шишкина М.А., Фокин И.В., Тихоцкий С.А., К вопросу о разрешающей способности межскважинной лучевой сейсмической томографии // «Технологии сейсморазведки». – 2015 – №1 – С. 5-21.
6. Amir, J.M., Integrity Testing (2nd edition) [Электронный ресурс] – <http://www.piletest.com> – 2015. – С. 4-92.
7. Amir, J.M & Amir, E.I. Capabilities and Limitations of Cross Hole Ultrasonic Testing of Piles // Proc IFCEE, Orlando — 2009.
8. ASTM D6760-16, Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing, ASTM International, West Conshohocken, PA – 2016 – www.astm.org;
9. Kase E., Ross T., Using seismic tomography to evaluate foundation structures // Proceedings of the 28th Annual Conference on Deep Foundations. – 2003.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ РАЗРЕЗА

Муравина О.М., Аузин А.А., Пономаренко И.А., Коротков М.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»
ФГБОУ ВО «ВГУ», г. Воронеж, Россия

Изучение коллекторских свойств разреза является актуальной задачей нефтегазовой геофизики. Для ее решения авторы предлагают использовать идентификационное моделирование методом группового учета аргументов (МГУА). В основе метода, предложенного академиком А.Г. Ивахненко [3], лежат идеи индуктивного моделирования. Теоретические основы метода и предпосылки его использования для обработки и интерпретации геофизических данных приводятся в работах [6,7]. Метод позволяет определить наиболее значимые факторы, выявить неявные, часто нелинейные взаимосвязи между зависимой переменной и переменными-факторами. Результатом идентификационного моделирования являются уравнения, описывающие эмпирические зависимости между геологическими параметрами и атрибутами наблюдаемых геофизических полей. Исследования, выполненные на кафедре геофизики Воронежского госуниверситета, показали эффективность МГУА при анализе петрофизической информации [8,10], литологического расчленения разреза по данным каротажа, оптимизации комплекса методов геофизических исследований в скважинах [1,2,5,8].

С целью оценки возможностей МГУА для выявления пластов-коллекторов и определения их типов было выполнено идентификационное моделирование применительно к результатам геофизических исследований разведочной скважины одного из нефтегазовых месторождений Западной Сибири. Зависимыми переменными поочередно назначались: условный литологический индекс, коллекторские свойства пород и переменная, идентифицирующая его тип. В качестве переменных-аргументов привлекались данные геофизических исследований и петрофизические данные, полученные на керне.

Для вычислений была использована программа, реализующая многорядный алгоритм с комбинаторным перебором, которая была адаптирована для работы с геолого-геофизическими данными [11]. В частности был применен прием случайного разбиения экспериментальных данных на обучающую и проверочную последовательности с контролем представительности разных типов данных в обеих частях. Некоторые полученные результаты иллюстрирует рис.1.

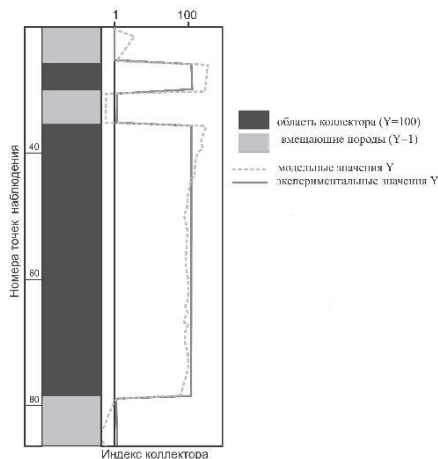


Рис.1. Результаты идентификационного анализа

На рисунке представлены результаты идентификационного моделирования для коллектора, насыщенного водой. Зависимая переменная идентифицирует коллектор и принимает значения: 1 – для вмещающих пород и 100 – для коллектора. Модельное уравнение позволяет уверенно выявить область водонасыщенного коллектора по двум параметрам: результатам индукционного каротажа и изменению диаметра скважины (данные кавернометрии).

Кроме того, в результате выполненного идентификационного анализа были получены модельные уравнения для коллекторов с различным характером насыщения: вода, нефть и газ. Полученные уравнения различаются по своей структуре и набору параметров, что создаст предпосылки для разработки методик определения характера насыщения коллекторов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-05-00226

ЛИТЕРАТУРА

1. Аузин А.А., Муравина О.М. Статистический анализ данных каротажа методом группового учета аргументов // Вестник ВГУ. Сер. Геология. Воронеж, 2010. № 2. - С. 219-224.
2. Аузин А.А., Муравина О.М. О возможности оптимизации комплексов геофизических исследований в скважинах при поисках месторождений рудных полезных ископаемых антеклизы // Вестник ВГУ. Сер. Геология. Воронеж, 2013. №1. - С.184-188.
3. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. Киев : Наук. думка, 1982. - 296 с.
4. Муравина О.М. Возможности метода группового учета аргументов при статистической обработке петрофизических данных // Вестник ВГУ. Сер. Геология. Воронеж, 2009. № 2. - С. 150-154.
5. Муравина О.М., Аузин А.А. Возможности метода группового учета аргументов при анализе геофизических данных: Вопросы теории и практики геологической интерперетации геофизических полей: Материалы 39-ой сессии международного семинара имени Д.Г.Успенского, Изд-во Воронежского госуниверситета, 2012. – С. 194-198.
6. Муравина О.М. Метод группового учёта аргументов при анализе геофизических данных // Геофизика, 2012, № 6. -С. 16 –20.
7. Муравина О.М. Возможности метода группового учета аргументов при анализе геофизических данных // Каротажник, 2013. № 6 (228). - С. 32-39.
8. Муравина О.М. Идентификационный анализ петрофизических характеристик пород осадочного чехла Воронежской антеклизы // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2013, 22, № 2. - С. 20-25.
9. Муравина О.М., Пономаренко И.А. Программная реализация метода группового учета аргументов при идентификационном моделировании геолого-геофизических данных / Вестник ВГУ. Сер. Геология. Воронеж, 2016. № 2. - С. 107-110.
10. Муравина О.М., Давудова Э.И., Пономаренко И.А. Разделение пород михайловской серии Воронежского кристаллического массива по петрофизическим и пространственным параметрам // Материалы XVII Международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». М.: ИФЗ РАН, 2016. - С. 170-173.
11. Пономаренко И.А., Муравина О.М. Модифицированный алгоритм метода группового учета аргументов обработки геофизических и петрофизических данных // Материалы 44-ой сессии международного семинара им. Д.Г.Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерперетации гравитационных, магнитных и электрических полей». Москва, ИФЗ РАН, 2017. - С. 317-318.

ПОВЕРХНОСТНО-СОГЛАСОВАННАЯ ДЕКОНВОЛЮЦИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ.

Напольнов А.В.

anapolnov95@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Одним из критериев в оценке информативности сейсмических разрезов является степень разрешённости сейсмических сигналов по времени. В этой связи деконволюция сейсмических записей имеет большое значение. Кроме того, деконволюция предназначена для компенсации влияния латеральных изменений приповерхностных условий и других факторов, связанных с условиями возбуждения и приёма.

Известно, что поверхностные неоднородности резко снижают эффективность метода общей глубинной точки. Если флуктуация времен прихода сигнала велики (порядка $1/5$ видимого периода и больше), то суммирование вообще оказывается бессмысленным и увеличение кратности не приводит к росту отношения сигнал/помеха. [1]

Коррекция статических поправок, осуществляется на основе анализа функций взаимной корреляции, улучшает эффект суммирования, но, во-первых, требуется достаточно высокое отношение сигнал/помеха (>1), а, во-вторых, взаимнокорреляционный анализ, малоэффективен, если флуктуируют не только времена прихода сигналов, но и их форма. [1]

Современные геологические задачи, решаемые сейсморазведкой, требуют выполнения обработки данных с восстановлением истинного отношения амплитуд отраженных волн при максимальном отношении сигнал/помеха и разрешающей способности. Ярким примером может служить изучение поведения амплитуд в зависимости от удаления (AVO).

Причина популярности использования поверхностно-согласованной деконволюции заключаются в использовании более стабильных и таким образом улучшенных операторов, которые получаются путем оценки спектров трасс и их дальнейшей поверхностно-согласованной декомпозиции. [3]

Классический поверхностно-согласованный подход, основанный на представлении спектра отражённой волны в виде произведения амплитудного спектра сигнала с амплитудными частотными характеристиками четырех линейных преобразователей, [3] которые описывают локальную реакцию среды в областях возбуждения, приема, распространения и отражения сигнала, также предполагается, что интенсивность шумовой компоненты трассы слишком мала, по сравнению со средней амплитудой сигнала, что помехой можно пренебречь: [2]

$$Y_{ij}(\omega) = F_i(\omega) * S_i(\omega) * R_j(\omega) * D_{|i-j|}(\omega) * B_{\frac{i+j}{2}}(\omega)$$

Где $F_i(\omega)$ -амплитудный спектр исходного сигнала, $S_i(\omega)$ и $R_j(\omega)$ -факторы локальных условий возбуждения и приема в пунктах i и j , $D_{|i-j|}(\omega)$ -характеристика влияния величины дистанции, $B_{\frac{i+j}{2}}(\omega)$ -структурный фактор влияния отражающей границы под средней точкой.

Чтобы получить линейное уравнение, связывающее амплитудный спектр трассы с амплитудными частотными характеристиками линейных преобразователей, нужно его прологарифмировать: [2]

$$\ln|Y_{ij}(\omega)| = \ln F_i(\omega) + \ln S_i(\omega) + \ln R_j(\omega) + \ln D_{|i-j|}(\omega) + \ln B_{\frac{i+j}{2}}(\omega)$$

Сама постановка задачи выделения полезной компоненты сигнала возможна только в многократной системе наблюдения. В однократной системе число мешающих факторов оказывается большим, чем число наблюдений (трасс). Если же кратность возрастает, то число наблюдений растет как n^2 , а число факторов-пропорционально n . При достаточно большом n возникает избыточность информации, которую можно использовать для устранения мешающих факторов. [1]

Для любой фиксированной частоты получается обширная система линейных уравнений. Решение системы уравнений выполняется методом наименьших квадратов. [3]

Процедура многократно повторяется в пределах рабочего диапазона частот с малым шагом, что позволяет для каждой трассы найти амплитудные характеристики четырех преобразователей, наиболее важными из которых являются характеристики приемников и источников. Возведя в квадрат функцию $S_i(\omega)$, получим спектр мощности, из которого обратным преобразованием Фурье находим автокорреляционную функцию временной характеристики. По АКФ вычисляется оператор оптимального обратного прогностического фильтра, которым обрабатывается трасса и получается промежуточный результат. Аналогичным образом вычисляем обратный фильтр, компенсирующий влияние условий приема, и обрабатываем им продукт предыдущей фильтрации, полученный результат является окончательным результатом поверхностно-согласованной деконволюции. [2]

Поверхностно-согласованная деконволюция применялась при обработке материалов сейсмической съемки 2D, проведенной на реке Енисей Северо-Западной Сибири. Для данной территории характерны локальные приповерхностные неоднородности и транзитные зоны, что влияет на динамическую и временную разрешенность записи.

Применение на начальном этапе обработки множества итераций подавления случайного и линейного шума создало условия для более эффективного применения последующей деконволюции.

Основные параметры деконволюции (длина оператора, интервал предсказания и уровень шума) тестировались и анализировались визуально по суммарным разрезам. подборкам ОПВ и амплитудно-частотным характеристикам.

Расчёт амплитудных спектров выполнялся с использованием фиксированного окна с заданным временным диапазоном: 600-5300мс, ориентированного с учётом тренда наклона отражающих горизонтов.

Уровень белого шума тестировался с интервалом предсказания 8мс и оператором длительностью 200мс. Тестировались величины значений уровня белого шума: 0,1%, 0,5%, 1%, 10%. Выбран уровень белого шума 1%.

Интервал предсказания тестировался с выбранным уровнем шума 1% и оператором длительностью 200мс. Тестировались следующие величины интервала предсказания: 2мс, 4мс, 8мс, 16мс. Выбран интервал предсказания 4мс.

Длительность оператора тестировались с выбранным уровнем белого шума 1% и интервалом предсказания 4мс. Тестировались следующие величины длительности оператора: 100мс, 200мс, 300мс, 400мс. Выбран оператор длительностью 300мс.

Выбранные следующие параметры: Длина оператора -300мс; Интервал предсказания -4мс; Процент белого шума -1%. Разделение амплитуд в спектральной области осуществлялось по четырем составляющим: пункт возбуждения, пункт приема, удаление источник-приемник, ОСТ. На выходе деконволюции сейсмические трассы подвергались нуль-фазовой полосовой фильтрацией с граничными частотами 2-85 Гц для ослабления шумовой компоненты спектра сейсмической записи.

Оценивая в целом результаты применения поверхностно-согласованной деконволюции, следует отметить выравнивание частотного состава и улучшение временной разрешенности сейсмической записи; заметно расширен частотный спектр записи, временные разрезы характеризуется лучшей прослеживаемостью отражающих горизонтов, динамической выраженностью.

Список литературы:

1. Гольдин С.В., Митрофанов Г.М. Спектрально-статистический метод учета поверхностных неоднородностей в системах многократного прослеживания отраженных волн. // Геология и геофизика. - 1975. - № 6. - С. 102-112.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. Издательство АИС, Тверь, 2006 г., - С. 475-477.
3. Адамович О.О., Лаптев Я. В., Тинакин А. О., Журавко Н.С. Устойчивая поверхностно-согласованная деконволюция и ее применение при обработке данных наземной 3D сейсморазведки. ООО «ГеоПрайм». -С. 78-82.

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГРАНИЦ ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Никитин А.А.¹, Черемисина Е.Н.², Малинина С.С.²

¹Roman_off@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

²geosys@geosys.ru, ФГБУ "ВНИИГНИ" отделение "Геоинформатики" "ВНИИГеосистем", г. Москва, Россия

Определение глубины залегания контактной поверхности, в частности, глубины залегания кристаллического фундамента, является распространенной задачей картирования глубинного разреза. При изучении фундамента, наряду с сейсморазведкой применяется гравиразведка, электроразведка, электроразведка и магниторазведка. При этом данные сейсморазведки МОВ-ОГТ служат в качестве эталонного материала при использовании гравимагнитных и электромагнитных наблюдений.

В связи с этими представлениями глубины залегания фундамента в качестве суммы сверток исходных полей и их локальных составляющих с весовыми коэффициентами, определяемыми на интервалах разреза на которых глубины залеганий могут быть выражены следующим образом (на примере 3-х полей):

$$H_{\Phi}(x) = \sum_i h_{1i} \Delta T_{j-i} + \sum_i h_{2i} \Delta g_{j-i} + \sum_i h_{3i} \rho_{j-i} \quad (1)$$

где H_{Φ} – глубины залегания контактной поверхности (в частности фундамента), оценка которой проводится по данным сейсморазведки. h_1, h_2, h_3 – весовые коэффициенты геофизических полей.

Процедура нейросетевого моделирования глубины залегания контактной поверхности включает:

- 1) выбор интервалов глубинного разреза с известной контактной поверхностью, определяемых по данным сейсморазведки МОВ-ОГТ;
- 2) составление системы линейных уравнений в виде суммы сверток геофизических полей с весовыми коэффициентами, определяемыми на интервалах глубинного разреза, на которых глубина контактной поверхности оценивается по данным сейсморазведки;
- 3) решение прямых задач потенциальных полей, образующих нейросеть;
- 4) выбор оптимальной совокупности нейросети ориентируясь, например, на величину множественного коэффициента корреляции
- 5) оценка адекватности построенной модели глубины залегания контактной поверхности путем минимизации обобщенного расстояния.

Составление системы линейных уравнений в виде суммы сверток геофизических полей с весовыми коэффициентами, определяемыми на интервалах глубинного разреза, на которых глубина контактной поверхности оценивается по данным сейсморазведки.

Для нахождения весовых коэффициентов следует умножить левую и правую часть уравнения (1) соответственно на $\Delta T, \Delta g$ и ρ . При этом в левой части уравнения (1) мы имеем взаимокорреляционные функции (В) глубины залегания с соответствующими полями. В правой части образуются корреляционные матрицы, построенные по авто (R) и взаимокорреляционным (В) функциям полей.

Процедура нейросетевого моделирования глубины залегания геологической границы включает:

1. Решение прямых задач для потенциальных и электромагнитных полей, образующих нейросеть
2. Трансформации наблюдаемых электромагнитных и потенциальных полей
3. Выбор информационной совокупности нейросети на основе множественного коэффициента корреляции
4. Оценка адекватности построенной модели глубины залегания контактной поверхности путем минимизации обобщенного расстояния

$$\begin{aligned}
 B_{\text{нф},\Delta T}(m) &= \sum h_{1i} R_{\Delta T}(m-i) + \sum h_{2i} B_{\Delta T,\Delta g}(m-i) + \sum h_{3i} B_{\Delta T,\rho}(m-i) \\
 B_{\text{нф},\Delta g}(m) &= \sum h_{1i} B_{\Delta T,\Delta g}(m-i) + \sum h_{2i} R_{\Delta g}(m-i) + \sum h_{3i} B_{\Delta g,\rho}(m-i) \\
 B_{\text{нф},\rho}(m) &= \sum h_{1i} B_{\Delta T,\rho}(m-i) + \sum h_{2i} B_{\Delta g,\rho}(m-i) + \sum h_{3i} R_{\rho}(m-i) \quad (2)
 \end{aligned}$$

С целью определения глубины залегания границ по данным сейсморазведки представляются в виде обучающей совокупности. Информативная совокупность ориентируется на величину множественного коэффициента корреляции (для регрессионной нейросети) или на значение апостериорной вероятности (для вероятностной нейросети).

Построение корреляционной матрицы для обобщенного расстояния включает расчет всевозможных коэффициентов корреляции между парами отклонений теоретически рассчитанных и экспериментальных данных геофизических полей. Для такой матрицы рассчитывается максимальное собственное значение и соответствующее этому значению собственный вектора. Значение собственного вектора является в формуле (3) весовым коэффициентом.

С помощью обобщенного расстояния μ оценивается адекватность глубины залегания контактной поверхности реальной глубине залегания объекта. За адекватную модель принимается модель, для которой величина обобщенного расстояния будет наименьшей.

Минимизация обобщенного расстояния обеспечивает построение адекватной модели глубины залегания контактной поверхности реальному ее положению. Кроме того, такой подход позволяет сравнивать между собой различные модели глубины залегания, построенные разными исследователями и при разных геологических представлениях о строении среды.

В качестве примеров использования рассматривается выделение перспективных нефтегазоносных объектов по комплексному анализу временного разреза, по которому были рассчитаны шесть атрибутов волнового поля целевого горизонта – анизотропии, дисперсии, полного градиента, энергии, частоты и энтропии.

Для такого анализа был взят интервал временного разреза в 0,2 с (100 дискретов $\Delta t = 0,002$ с), а по оси $X - 4$ км (80 дискретов $\Delta x = 25$ м). Для данного интервала, были рассчитаны перечисленные атрибуты в окне, включающем 11 трасс и 21 дискрет по времени. Ни по одному атрибуту перспективный нефтегазоносный объект не выделяется однозначно.

Литература

1. Методические рекомендации по использованию сейсморазведки для подсчета запасов УВ в условиях карбонатных коллекторов трещинно-кавернозного типа. В.В.Левянт и др. ЦГЭ 2010
2. Никитин А.А. Энергетическая фильтрация геофизических полей // Геофизика.— №3.— 2013
3. Никитин А.А., Черемисина Е.Н. Критериальный подход к оценке адекватности ФГМ реальным объектам // Геоинформатика.— №7.— 2017
4. Черемисина Б.Н., Никитин А.А. Геоинформационные системы/ ВНИИГеосистем.— 2011, 375 стр.
5. Галуев В.И., Каплан С.А., Малинина С.С., Никитин А.А. Определение физико-геометрических свойств земной коры по данным геофизического комплекса// Геоинформатика. 2003. № 2. С. 29.
6. Никитин А.А., Черемисина Е.Н. Критериальный подход к оценке адекватности физико-геологических моделей (ФГМ) реальным объектам // Геоинформатика. 2017. № 1. С. 40-43.

ИМПУЛЬСНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНДУКЦИОННО-ПОЛЯРИЗУЮЩЕГОСЯ ПЛАСТА ПРИ ЕГО ВОЗБУЖДЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДИПОЛЕМ.

Ним Ю.А.

gmpirgmpri@mail.ru, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К.Аммосова», г. Якутск, Россия

Горизонтальный электрический диполь представляет классический возбудитель электромагнитных полей геологических структур. Эти поля достаточно хорошо изучены и положены в основу многих технологий электромагнитных исследований, в том числе и импульсных. Но с расширением сферы применения последних особенно при поисково-картировочных исследованиях относительно слабopроводящих, контрастных, глубокозалегающих геологических объектов, таких как кимберлиты, нефтегазовые залежи, криолитозона и другие, возникают вопросы оценки влияния индукционно-вызванной поляризации, увеличения глубинности исследования, распознавания характера аномального поля [1-8]. В этой связи имеет смысл рассмотреть интегральную модель индукционно-вызванной поляризации неустановившегося электромагнитного поля при его возбуждении горизонтальным электрическим диполем.

Поляризующийся пласт аппроксимируем плоскостью S^η (здесь S – продольная проводимость электропроводного пласта, η – знак, указывающий на поляризуемость пласта). Согласно характера источника вводим вектор-потенциал A соотношением $B = rotA$ (B – магнитная индукция). В соответствии с симметрией электродинамической системы вектор-потенциал имеет две компоненты: A_x и A_z . Вне плоскости S^η среда не электропроводна, поэтому она описывается уравнением Лапласа - $\nabla^2 A_{x,z} = 0$.

Граничные и краевые условия представляются в виде [5]:

$$1. A_{1x} = A_{2x}; 2. A_{1z} = A_{2z}; 3. \frac{\partial A_{1x}}{\partial x} = -\frac{\partial A_{1z}}{\partial z}; 4. \frac{\partial A_{1x}}{\partial z} = -\frac{\partial A_{2x}}{\partial z} = i\omega\mu S^\eta A_{(1,2)x}; (1)$$

при $r \rightarrow 0, A_x \rightarrow \frac{Idz}{4\pi r}$; при $r \rightarrow \infty, A_x \rightarrow 0$.

Решая уравнение Лапласа стандартным методом разделения переменных, получим:

$$1. A_{1x} = P_x \int_0^\infty (e^{m|z|} + D_0 e^{-mz}) J_0(mr) dm; 2. A_{2x} = P_x \int_0^\infty D_1 e^{mz} J_0(mr) dm;$$

$$3. A_{1z} = P_x \frac{\partial}{\partial x} \int_0^\infty C_0 e^{-mz} J_0(mr) dm; 4. A_{2z} = P_x \frac{\partial}{\partial x} \int_0^\infty C_1 e^{mz} J_0(mr) dm. (2)$$

Согласно граничным условиям (1), коэффициенты уравнений (2) имеют вид:

$$D_0 = -\frac{j}{\gamma} e^{-2mh}; D_1 = \frac{2m}{\gamma}; C_0 = \frac{2}{\gamma} e^{-2mh}; C_1 = \frac{2}{\gamma}, \text{ где } \gamma = 2m + i\omega\mu S^\eta, j = i\omega\mu S^\eta.$$

Решая электродинамическую задачу спектральным методом, с вводом известной дисперсионной модели Коул-Коул [2, 4, 6], компоненты вектор-потенциала импульсного горизонтального электрического диполя в среде источника представляются в виде:

$$A_{12}^{x\eta}(t) = -\frac{\mu P_x}{4\pi} \int_0^\infty m \cos \varphi e^{-am} e^{-at} (a^* chbt + \frac{\beta - a^* a}{b} shbt) J_1(mr) dm;$$

$$A_{1x}^{x\eta}(t) = -\frac{\mu P_x}{4\pi} \int_0^\infty e^{-am} e^{-at} (chbt + \frac{1 - ar}{br} shbt) J_0(mr) dm,$$

где $A_{1z}^{x\eta}(t)$, $A_{1x}^{x\eta}(t)$ – соответственно, вертикальная и горизонтальная компоненты вектор-потенциала во временной области, описывающие индукционно-вызванную поляризацию электропроводного пласта (η), P_x – момент электрического диполя, ориентированный по оси x , μ – магнитная проницаемость вакуума, τ – время релаксации, t – время наблюдения, m – переменная разделения, $J_0(mr)$, $J_1(mr)$, соответственно, функция Бесселя нулевого, первого порядка аргумента (mr).

$$\alpha^* = \frac{2(1-\eta)}{\mu S}, \beta = \frac{2}{\mu S \tau}, a = \frac{2m(1-\eta)\tau + \mu S_0}{2\mu S \tau}; b = \frac{m(1-\eta)}{\mu S}, \alpha = 2h + z;$$

h – высота расположения диполя ($h = -z$).

На примере вертикальной составляющей поля магнитной индукции представляем интегральную поляризационную модель переходного процесса в виде:

$$\Phi(t) = \frac{\mu P_x}{4} R^2 \sin \varphi \int_0^\infty \left(mshbt + \frac{2\tau\mu S + \mu S}{2\tau(1-\eta)} \right) J_1(mr) dm,$$

где R – контур, пронизываемый магнитным потоком.

Рассмотренные модели в достаточной для инженерной практики точностью могут быть выражены в элементарных функциях, могут представлять интерес при расширении сферы применения импульсной электроразведки, в том числе применительно и к сейсмоэлектромагнитной технологии.

Литература

1. Гитарц Я.И., Рабинович Б.И., Финогеев С.В., Форганг С.В. Методика многоканальных зондирований с аппаратурой «Криом»/ Результаты применения метода зондирования становлением поля в районах Сибирской платформы «СНИИ ГГиМС, 1987. - 12-26 с.
2. Жандалинов В.М. Электрические и электромагнитные зондирования при поисках коренных месторождений алмазов. Новосибирск, Гео, 2011. -275 с.
3. Каменецкий Ф.М., Вакульский А.А., Дробич П.П., Тимофеев В.М. / Исследование интегральных переходных характеристик в импульсной электроразведке. Львов, ФМИ АН УССР, 1985. -56 с. (Препринт №88).
4. Kamenetsky F.M., Stettler E.H., Trigubovich. Transient Geo-electromagnetics. / Munich, 2010. 304 p.
5. Ним ЮА. Интегральная модификация импульсного зондирования /Геофизические исследования в Якутии. Якутск, ЯГУ, 1998-С.-110-117.
6. Ним Ю.А., Попков П.А., Адаров Т.Д. Индукционно-вызванная поляризация электропроводного пласта при его импульсном возбуждении вертикальным магнитным диполем// Разведка и охрана недр. №12, 2013. -С.39-41.
7. Тикшаев В.В., Сидоров В.А. Интегральный способ построения кривых становлением поля//Прикладная геофизика, вып.71. Недр,1973. -С.122-128.
8. Тимофеев В.М., Мамаев В.А., Каменецкий Ф.М. / Измерение потока магнитной индукции неустановившегося поля // Разведочная геофизика, вып. 101. Н.: Недр, 1985. - С.58-63.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТИПА ФЛЕКСУРА

Оборнев Е.А.¹, Шимелевич М.И.¹,
Фельдман И.С.², Новиков В.А.², Оборнев И.Е.³

¹ - Российский государственный геологоразведочный университет
им. С. Орджоникидзе, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

² - Объединенный институт высоких температур, ОИВТ РАН, Федеральное агентство
научных организаций, Россия, г. Москва

³ - Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: eugenyo@mail.ru

Аннотация. Разработана двумерная (2D) геоэлектрическая модель гетерогенной геосреды с учетом представления о процессах, происходящих в геологическом объекте типа флексура, которая в результате деформаций превращается во взбросо-надвиговую структуру. В основу модели положена гипотеза об изменении проводимости геоматериалов в локальной зоне разлома в субкритическом напряженно-деформированном состоянии вследствие геодинамических процессов. В результате численного моделирования показано, что при переходе от квазислоистой модели к двумерной с высокоомным экраном перераспределение плотности полного тока в среде, с учетом предполагаемых представлений о формировании зоны трещиноватости, существенно увеличивается за счёт эффекта «проводящей щели». При этом амплитуда электромагнитного (ЭМ) поля для продольной поляризации возрастает на большом удалении от зоны «проводящей щели». Полученный результат может являться основанием для разработки методики мониторинга электромагнитных полей, измеряемых на поверхности земли на удалении от эпицентра очага землетрясения и непосредственно над разломом, с целью контроля степени готовности разлома к возникновению сейсмического события.

Ключевые слова: электромагнитное поле; численное моделирование; геоэлектрическая 2D модель; геодинамические процессы.

Авторами предлагается анализ возможных электромагнитных предвестников землетрясения, который базируется на исследованиях из работ [Шимелевич, и др., 2003]. В начале рассматривается геологическая структура (флексура), геоэлектрическое строение которой характерно для областей с высокой сейсмической активностью. Затем, на основе полевых и лабораторных наблюдений деформационных процессов в очаге землетрясения рассматривается поведение этой геологической структуры в заключительный период подготовки сейсмического события (формирование проводящих зон в сейсмогенном разломе – «проводящей щели»). С использованием такой физической модели разрабатывается математическая модель процесса возникновения электромагнитного предвестника и проводится численное исследование возможности его мониторинга на поверхности земли.

Результаты полевых наблюдений [McCaig, 1988] и лабораторных экспериментов [Giger, et al., 2007] показывают, что изменение проницаемости горных пород в зоне подготовки разрыва по разлому перед землетрясением может влиять на флюидный режим в разломной зоне и, как следствие, вызывать вариации проводимости разлома и электромагнитного поля на поверхности земли перед сейсмическим событием.

Нами рассматривается двумерная (2D) геоэлектрическая модель гетерогенной геосреды с учётом представления о процессах, происходящих в геологическом объекте типа флексура, которая в результате деформаций превращается во взбросо-надвиговую структуру. Данная структура имеет протяжённое простирание вдоль линии надвига, что отвечает условиям 2D моделирования.

Для проведения вычислительного эксперимента, как показано [Shimelevich et al., 2007], предлагается рассмотреть два варианта геоэлектрической модели среды: *базовое*, которое соответствует ненарушенному состоянию проводящих зон, и *изменённое*, где появляется зона трещиноватости и возникает «щелевой эффект», соединяющий глубинный проводящий слой - графитизированные сланцы (удельное сопротивление $\rho = 3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$), с хорошо проводящей верхней частью разреза, осложнённой разломами и флюидонасыщенными, минерализованными блоками разной проводимости ($\rho = 10 - 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$). Область "проводящей щели" в модели представляет собой тонкие субвертикальные структуры (на глубине от 0,9 км, мощностью до 2,36 км) чередования проводящих - $\rho = 3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и экранирующих - $\rho = 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ элементов модели.

Заключение

В результате численного моделирования показано, что для двумерной модели с высокоомным экраном и хорошо проводящим слоем перераспределение плотности полного тока в среде, с учетом предполагаемых представлений о формировании зоны трещиноватости, существенно увеличивается за счёт эффекта "проводящей щели". При этом амплитуда электромагнитного поля для продольной поляризации возрастает на большом удалении от зоны "проводящей щели".

Полученный результат может являться основанием для разработки методики мониторинга электромагнитных полей, измеряемых на поверхности земли на удалении от очага землетрясения и непосредственно над разломом, с целью контроля степени готовности разлома к возникновению сейсмического события, что открывает новые возможности для прогноза землетрясений на основе электромагнитных предвестников.

Работа выполнена с использованием вычислительных ресурсов Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук (МСЦ РАН). Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00579, И.Е. Оборнев, НИИЯФ МГУ).

Список литературы

Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Гаврюшов С.А. Применение нейросетевой аппроксимации для решения задач мониторинга параметров геоэлектрических разрезов // Изв. вузов, Геология и разведка. 2003. №4. С. 70-71.

Giger S. B., Tenthorey E., Cox S. F., and Fitz Gerald J. D. Permeability evolution in quartz fault gouges under hydrothermal conditions// J. Geophys. Res. 2007, 112, B07202, doi: 10.1029/2006JB004828.

McCaig A.M. Deep fluid circulation in fault zones // Geology. 1988. 16(10). P. 867-870.

Shimelevich M.I., Osborne E.A., Gavryushov S. Rapid neuronet inversion of 2D magnetotelluric data for monitoring of geoelectrical section parameters // Annals of Geophysics. 2007. Vol. 50. N.1, Febr. P. 105-109.

ВЛИЯНИЕ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЙРОСЕТЕВОГО АППРОКСИМАТОРА РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГЕОЭЛЕКТРИКИ

Шимелевич М.И.¹, Оборнев Е.А.¹, Оборнев И.Е.², Родионов Е.А.¹

¹ - Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

² - Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: shimelevich-m@yandex.ru

Аннотация. *Нейросетевой метод решения обратной задачи проверяется на многочисленных примерах двумерных и трехмерных модельных данных, а также на натуральных данных МТЗ. Приводится анализ полученных результатов и сопоставление с результатами других исследователей. Подробно рассматривается вопрос внесения априорных данных о строении исследуемой области и влияние этой информации на результирующее решение.*

Ключевые слова: *обратная задача, геоэлектрика, аппроксимационный нейросетевой метод, нейросетевая инверсия, нейросетевая палетка, априорная информация.*

Многие практические обратные задачи геофизики могут быть сведены к численному решению нелинейного операторного уравнения вида:

$$\begin{aligned} A_N s = e, \quad s \in S_N \subset R^N, \quad e \in R^M \\ S_N : [s_{\min} \leq s^n \leq s_{\max}], \quad n = 1, \dots, N \end{aligned} \quad (1)$$

где $s = (s_1, \dots, s_N)$ - искомый вектор параметров среды, определяемый значениями искомой характеристики среды в ячейках *регуляризованной сетки* θ_N *обратной задачи* размерности N , S_N - множество априорных ограничений, $e = (e_1, \dots, e_M)$ - вектор измеренных данных, A_N - заданный оператор *прямой параметризованной* задачи. Регуляризованная сетка θ_N , на которой ищется решение обратной задачи (1), строится путем объединения ячеек исходной конечно-разностной сетки прямой задачи θ_{N_0} размерности $N_0 > N$ таким образом, чтобы ее размерность N была максимальной при условии, что степень неоднозначности $\beta_N(2\delta_0)$ решений уравнения (1) не превышала заданной желаемой величины ε_0 , при заданном уровне погрешности данных δ_0 [3, 5]:

$$\beta_N(2\delta_0) \leq \varepsilon_0, \quad (2)$$

где $\beta_N(x)$ - модуль непрерывности обратного оператора A_N для уравнения (1), определяемый выражением, не требующим знания обратного оператора A^{-1} , вида [1, 2]:

$$\beta_N(x) = \sup_{s, s' \in S_N} \|s' - s\|_{R^N} \quad \text{при} \quad \|A_N s' - A_N s\|_{R^M} \leq x. \quad (3)$$

При этом прямая задача решается на исходной конечно-разностной сетке θ_{N_0} , на которую предварительно проектируется параметризованная модель среды, заданная на *регуляризованной* сеткой θ_N .

В работе рассматривается аппроксимационный нейросетевой метод инверсии, при котором приближенное решение (1) ищется в виде заданной функции Ψ от входных данных e_1, \dots, e_N , называемой *нейросетью* или *нейросетевым (НС) аппроксиматором* [4]:

$$s \approx \Psi(V, W, e), \quad (4)$$

или в развернутом виде:

$$s_n = \sum_{m=1}^L v_{nm} g\left(\sum_{m=1}^M w_{im} e_m\right), \quad n = 1, \dots, N, \quad (5)$$

где g - заданная монотонная функция, например, $g(x) = 1/(1 + e^{-x})$, $V = \{v_{ni}\}$, $W = \{w_{im}\}$ - матрицы свободных коэффициентов НС аппроксиматора Ψ , определяемые в процессе обучения нейросети на множестве опорных решений прямых задач (банке решений), L - параметр, который характеризует сложность аппроксимационной конструкции (5). Если матрицы коэффициентов нейросети определены, то приближенное решение уравнения (1) может быть получено в аналитическом виде по формуле (5) для любых данных $e \in R^M$.

Для численного расчета матриц $V = \{v_{ni}\}$, $W = \{w_{im}\}$ свободных коэффициентов НС-аппроксиматора (5) и модуля непрерывности обратного оператора (3) решаются соответствующие нелинейные оптимизационные задачи с использованием методов группы Монте-Карло.

В работе приводятся примеры и анализ НС инверсии модельных и полевых данных магнитотеллурических зондирований. Проводится сопоставление с результатами инверсии полевых данных других исследователей.

Рассматривается вопрос внесения априорных данных при построении НС аппроксиматоров и влияние этой информации на результаты инверсии. Приводится сравнительный анализ различных НС аппроксиматоров с отличающейся априорной информацией.

Работа выполнена с использованием вычислительных ресурсов Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук (МСЦ РАН). Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00579, И.Е. Оборнев, НИИЯФ МГУ).

Список литературы

1. Иванов В. К. О некорректно поставленных задачах // Математический сборник. — 1963. — № 61(103):2. — С. 211-223.
2. Лаврентьев М.М., Романов В.Г., Шишатский С.П. Некорректные задачи математического анализа. — М.: Наука, 1980. — 288 с.
3. Шимелевич М.И. Методы повышения устойчивости инверсии данных геоэлектрики на основе нейросетевого моделирования // Геофизика. — 2013. — №4. — С. 49-55.
4. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А. Аппроксимационный метод решения обратной задачи МТЗ с использованием нейронных сетей // Физика Земли. — 2009. — № 12. — С. 22-38.
5. Численные методы оценки степени практической устойчивости обратных задач геоэлектрики / М.И. Шимелевич, Е.А. Оборнев, И.Е. Оборнев, Е.А. Родионов // Физика Земли. — 2013. — № 3. — С. 58-64.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ГАММА-КАРОТАЖА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ

Пак Д.Ю., Токушева Ж.Т., Ли Е.С., Ильяшева М.С.

Pak_kargtu@mail.ru, КарГТУ, г. Караганда, Казахстан

Среди радиометрических методов исследования скважин наиболее распространенным является метод естественной радиоактивности горных пород или, как его чаще называют, гамма-метод. В его основе лежит изучение закономерностей изменения естественной радиоактивности горных пород, обусловленной присутствием главным образом урана и тория с продуктами распада, а также радиоактивного изотопа калия K^{40} . Остальные радиоактивные элементы (Rb^{87} , Zr^{96} , La^{138} , Sm^{147} и т. д.) имеют столь большие периоды полураспада, что при существующей распространенности в земной коре заметного вклада в суммарную радиоактивность внести не могут.

Радиоактивность основных минералов, входящих в состав осадочных горных пород, колеблется в весьма широких пределах - от сотых долей до нескольких тысяч $mг-экв Ra/g$. Все эти минералы по радиоактивности могут быть разбиты на четыре группы.

В первую группу, характеризующуюся низкой радиоактивностью, входят основные составляющие осадочных горных пород минералы: кварц, кальцит, доломит, сидерит, ангидрит, гипс, каменная соль. Вторая группа минералов со средней радиоактивностью представлена отдельными минеральными разновидностями типа лимонит, магнетит, турмалин, корунд, роговая обманка, барит, олигоклаз и др. К третьей группе минералов относятся глины, слюды, полевые шпаты, калийные соли, характеризующиеся повышенной радиоактивностью, и некоторые другие минералы. В четвертую группу входят акцессорные минералы, радиоактивность которых более чем в 1000 раз превышает радиоактивность минералов первой группы.

В природных системах уран, торий и калий ассоциируют с целым рядом редких элементов. Урановые руды часто являются комплексными, кроме урана они могут содержать такие элементы, как золото, бериллий, литий, цезий, тантал и т. д. По результатам γ -спектрометрии естественных ядерных излучений открыт ряд месторождений редких и цветных металлов. Гамма-спектральные исследования проводятся также при поисках месторождений нефти и газа. Гамма-спектрометрия применяется и в космических исследованиях, она открывает широкие перспективы картирования планет.

В последние годы получил развитие спектрометрический вариант гамма-метода, позволяющий оценивать количественное содержание естественных радиоактивных элементов - урана, тория и калия по его радиоактивному изотопу K^{40} . Выявлены закономерности [2] геохимического поведения радиоактивных элементов, в частности последовательное повышение их содержания в петрографическом ряде конгломераты - песчаники - алевролиты - аргиллиты (глины). Спектрометрическая модификация гамма-каротажа имеет явное преимущество перед традиционным интегральным гамма-методом.

Одной из важнейших задач является определение коэффициента глинистости. В стандартном комплексе эту задачу решают, обрабатывая результаты интегрального гамма-каротажа. Однако существует большое число пластов, радиоактивность которых определяется не только глинистостью. Для этих пластов важно выявить, излучение каких радиоактивных элементов будет связано с глинистыми минералами и использовать его для определения глинистости. Знание геологического строения исследуемых отложений и содержаний естественных радиоактивных элементов в минералах позволяет выявлять те индикаторные элементы, которые можно использовать для решения поставленной задачи. Наиболее часто в глинистых минералах присутствуют калий и торий, поэтому их суммарное гамма-излучение может наиболее тесно коррелировать с глинистостью. Для определения суммарного излучения наиболее удобно использовать урановый эквивалент [3].

Под урановым эквивалентом для определяемого элемента понимается такая концентрация урана, которая дает ту же интенсивность гамма-излучения, как и излучение определяемого элемента. Для определения уранового эквивалента проводят измерения интегральной скорости счета в стандартных образцах с учетом состава промежуточных сред [4].

При аппаратурной реализации урановый эквивалент калия был определен как 1.74, тория - 0.41, а для урана он, соответственно, равен 1. Таким образом, зная концентрации всех радиоактивных элементов в породе, ее общая радиоактивность I , выраженная в Ue , определяется по формуле:

$$I[Ue] = 1.74 \cdot C_K + 0.41 \cdot C_{Th} + C_U, \quad (1)$$

где C_K , C_{Th} , C_U - массовые концентрации калия, тория и урана соответственно.

Дополнительную проверку предложенного параметра проводят путем вычисления коэффициента корреляции между показаниями стандартного ГК, выполненного с заведомо хорошим метрологическим обеспечением и определенного по СГК (выраженного в урановом эквиваленте). Использование гамма-излучения в единицах уранового эквивалента не ухудшает геофизический параметр, применяемый для расчета глинистости, а заведомо лучшее метрологическое обеспечение делает его использование предпочтительнее.

Уран и продукты его распада содержатся не только в глинах, поэтому в ряде отложений глинистость необходимо определять, исключая излучение урана из общего гамма-излучения. Такое излучение будем называть калий-ториевым излучением (КТИ):

$$КТИ = 1.74 \cdot C_K + 0.41 \cdot C_{Th} \quad (2)$$

Известны примеры использования КТИ терригенных коллекторов [4].

Обычно при интерпретации результатов ГК используют двойной разностный параметр:

$$\Delta I_\gamma = (I_{\gamma_{пл}} - I_{\gamma_{мин}}) / (I_{\gamma_{max}} - I_{\gamma_{мин}}) \quad (3)$$

где $I_{\gamma_{пл}}$, $I_{\gamma_{мин}}$, $I_{\gamma_{max}}$ - соответственно интенсивности естественного гамма-излучения против исследуемого пласта, опорного пласта неглинистых известняков и опорного пласта глинистых пород, характеризующегося на кривой ГК максимальным показанием. При этом в качестве опорных пластов выбираются ближайшие к исследуемым отложениям. Считается, что вся радиоактивность против известняков определяется излучением скважины, и это значение принимается фоновым по всему стволу. Однако, абсолютно чистых известняков не существует, они всегда содержат в себе определенное количество естественных радиоактивных элементов, и, таким образом, фоновое значение несколько завышается [4].

Тогда, вместо ΔI_γ можно предложить использовать $\Delta КТИ_{Ue}$, вычисляемый по формуле:

$$\Delta КТИ_{Ue} = КТИ_{Ue, пл} / КТИ_{Ue, глин} \quad (4)$$

где $КТИ_{Ue, пл}$, $КТИ_{Ue, глин}$ - калиево-ториевое излучение исследуемого пласта и глинистого пласта.

Литература

1. Пак Ю.Н. Курс лекций по ядерной геофизике. Караганда: КарГТУ, 1996. — 199 с.
2. Турышев В.В. Перспективы спектрометрического гамма-каротажа при решении задач литолого-стратиграфического расчленения разрезов скважин. «Каротажник». — 2014. — №6. — С. 31-46.
3. Кожевников Д.А. Гамма-метод изучения естественной радиоактивности горных пород в нефтегазовых скважинах (интерпретационно-метрологическое обеспечение): конспект лекций/. - М.: МИНГ, 1989.
4. Калмыков Г.А. Методика определения минерально-компонентного состава терригенных пород в разрезах нефтегазовых скважин по данным комплекса ГИС, включающего спектрометрический ГК. — Москва, 2001.

АДАПТИВНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ИНТЕРПРЕТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГЕОПОЛЕЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

«КОСКАД 3D»

Петров А.В.

petrovstud@mail.ru, МГРИ -РГГРУ, Москва, Россия

Оценка атрибутов геофизических полей в скользящих окнах, линейная оптимальная фильтрация геополей, тренд анализ геофизических данных занимают важнейшее место в интерпретационной обработке геофизических наблюдений. Эти процедуры позволяют решать задачи оценки и восстановления формы геофизических сигналов, разложения геополей на составляющие по энергии, исключение из наблюдений мешающих компонент, выделения слабоконтрастных аномалий на фоне соизмеримых по амплитуде помех

Одним из условий эффективного использования определенных разделов математики в прикладной области является соответствие принимаемой математической модели и действительных характеристик реальных геолого-геофизических процессов. Особенно это важно при реализации вычислительных процедур, учитывающих корректность применения теоретических результатов, полученных с позиций теории случайных непрерывных функций и линейной оптимальной фильтрации для анализа конечных и дискретных геофизических наблюдений.

Выполнение предпосылок относительно спектрально корреляционных характеристик анализируемого поля и мешающих помех, является обязательным требованием для решения конкретной задачи интерпретационной обработки геолого-геофизических наблюдений с использованием определенных разделов прикладной математики. Такие разделы, как Фурье анализ, теория случайных процессов, оптимальная линейная фильтрация предполагают адаптивную модель анализируемого поля, стационарность полезного сигнала и осложняющих его помех.

Геофизические поля практически никогда не удовлетворяют этим жестким требованиям. Действительно, трудно представить наблюдаемое магнитное или гравитационное поле, у которого по всей площади наблюдения остаются постоянными среднее значение, среднеквадратическое отклонение, амплитуда и протяженность гравимагнитных аномалий. Последнее ставит под сомнение корректность использования алгоритмов, построенных на методах линейной оптимальной фильтрации, теории случайных процессов и анализа Фурье без предварительного разбиения анализируемой площади на стационарные, по спектрально-корреляционным характеристикам области.

Процедура разбиения анализируемой площади исследований на стационарные области и, тем более, отдельная фильтрация каждой такой области является алгоритмически сложной задачей. Аналитическое решение, учитывающее нестационарность полезного сигнала и помехи по площади, представляет собой сложную математическую задачу, тем более в условиях отсутствия информации о свойствах полезного сигнала или помехи.

Рассмотрим оригинальный подход к построению одномерных, двумерных и трехмерных, линейных оптимальных фильтров, ориентированных на анализ нестационарных геополей, адаптирующихся к изменению статистических и спектрально корреляционных свойств поля, непосредственно в процессе фильтрации.

Для одномерного (профильного) варианта, учитывающего нарушение стационарности поля вдоль профиля алгоритм построения к следующей процедуре [1,2]:

- по каждому профилю наблюдений рассчитывается автокорреляционная функции $R(m)$;
- по радиусу корреляции вдоль каждого профиля $r_{кор}$, выбирается размер базового окна m ;
- по точкам, попадающим в скользящее вдоль профиля базовое окно, рассчитывается текущая автокорреляционная функция и определяется локальный радиус корреляции $r_{лок.}$;

-по значения поля, коррелируемым с центральной в базовом окне рассчитываются атрибут поля или весовые коэффициенты фильтра;

-в случае фильтрации осуществляется свертка значений поля с весовыми коэффициентами фильтра:

Очевидно, что в приведенном алгоритме для каждой точки профиля выбираются свои весовые коэффициенты фильтра. При этом характеристики фильтра настраиваются на изменение спектрально-корреляционных характеристик поля вдоль профиля непосредственно в процессе фильтрации. При наличии в окрестностях точки протяженных аномалий ширина окна фильтрации будет максимальной.

Алгоритм построения двумерного адаптивного фильтра, заключается в следующем:

-по всей площади наблюдений рассчитывается двумерная автокорреляционная функция $ДАКФ(m,p)$;

-по радиусам корреляции вдоль профилей и между ними выбираются параметры базового окна (соответственно ширина и высота), которые заведомо больше размеров самых энергоемких аномалий;

-в скользящем базовом окне рассчитывается текущая двумерная автокорреляционная функция $ТДАКФ(m,p)$;

-по $ТДАКФ(m,p)$ определяются значения ширины, высоты и наклона локального окна фильтрации;

-по точкам, коррелируемы с центральной рассчитываются статистический атрибут или весовые коэффициенты фильтра;

-в случае фильтрации осуществляется двумерная свертка значений поля с весовыми коэффициентами фильтра и результат относится к центральной точке базового окна.

-базовое окно смещается по пикетам и профилям и процедура повторяется;

Таким образом, в окрестностях базового окна каждой точки наблюдения, осуществляется локальная фильтрация с уникальными весовыми коэффициентами фильтра или осуществляется оценка статистического атрибута в локальном двумерном окне, параметры которого автоматически настраиваются на изменение спектрально-корреляционных характеристик поля по площади. Ширина и высота текущего окна фильтрации будут минимальными, если в окрестностях определенной точки отсутствуют аномалий. И наоборот, высота окна фильтрации будут максимальными, но не превышающими размеров базового окна, если в окрестностях анализируемой точки будут присутствовать энергоемкие аномалии.

Кроме приведенных выше процедур в компьютерной технологии статистического и спектрально-корреляционного анализа данных «КОСКАД 3D» реализован адаптивный вариант полиномиальной фильтрации, учитывающей нестационарность поля по площади посредством автоматического выбора ширины, высоты, наклона окна и степени аппроксимирующего полинома.

Оценка значений параметров окна фильтрации в каждой точке поля, позволяет максимальным образом учитывать изменение спектрально-корреляционных свойств поля по площади. Так, чем больше эти параметры, тем меньше вклад высокочастотных составляющих в спектр выходного сигнала независимо от степени полинома. Кроме параметров окна фильтрации, на спектральный состав выходного сигнала влияет степень аппроксимирующего полинома p . Чем она выше, тем больше вклад высокочастотных составляющих в спектр профильтрованного поля.

Литература.

- 1.Никитин А.А. Статистические методы выделения геофизических аномалий. М. Недра 1979.
- 2.Никитин А.А. Петров А.В. Теоретические основы обработки геофизической информации. М. ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИГЕОСИСТЕМ» 2017.

СОВРЕМЕННОЕ МЕСТО НЕПРЕРЫВНОГО ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ КЕРНА В КОМПЛЕКСЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Попов Е.Ю., Хаустова Н.А., Попов Ю.А., Чехонин Е.М., Спасенных М.Ю., Козлова Е.В.

Е.Popov@skoltech.ru, Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Главными объектами потенциального прироста запасов и добычи нефти в настоящее время являются нефтематеринские свиты [1]. Содержание органического вещества ($C_{орг}$) является одной из основных характеристик нефтематеринской породы.

В последние годы для изучения пород баженовских и доманиковых отложений разработан и все более широко применяется метод непрерывного профилирования содержания органического вещества ($C_{орг}$) на основе теплофизического профилирования керна (НТПК) [2 - 3]. Метод является бесконтактным и неразрушающим, пространственная разрешающая способность профилирования составляет ~ 1 мм. Измерения можно проводить на цилиндрической поверхности полноразмерного керна или на плоской поверхности его малогабаритных дубликатов («горбушек»). Основой определения $C_{орг}$ по данным о теплопроводности пород низкопроницаемых коллекторов является значительное различие теплопроводности минеральной матрицы пород и органического вещества, при этом пространственное разрешение при профилировании $C_{орг}$ определяется пространственным разрешением при профилировании теплопроводности.

На практике важное значение имеет анализ связи теплопроводности с результатами определения $C_{орг}$ путем пиролиза, который позволяет определить теплопроводность матрицы, в которую не входит органическое вещество, и которая необходима для определения $C_{орг}$ по результатам теплофизического каротажа на керне. Установленные уравнения регрессии, характеризующие связь теплопроводности с $C_{орг}$, позволяют преобразовывать результаты непрерывного профилирования теплопроводности, получаемые при теплофизическом каротаже на керне, в непрерывные профили вдоль скважины параметра $C_{орг}$. В результате установлена тесная корреляционная связь между теплопроводностью и определяемым параметром при пиролитических исследованиях S_2 (оставшаяся часть сорбированных УВ и часть керогена, нерастворимого в органических растворителях, обладающих нефтегенерационным потенциалом [4]) позволяет получать непрерывный профиль параметра S_2 по скважине.

Указанные достоинства теплофизического метода определения $C_{орг}$ позволили ему занять место среди других современных методов определения $C_{орг}$. В этот ряд входят следующие разновидности методов.

1. Определение $C_{орг}$ на керне:

- a) химические методы (полумикрометод сжигания в печи для элементарного анализа, газометрический метод определения органического углерода с бюреткой Виртца-Штролейна, сжигание хромовой смесью по видоизмененному методу Кнопа, сжигание в печи с автоматическим нагревом и регистрацией продуктов распада) [5];
- b) пиролитический метод (Rock-Eval, HAWK).

К достоинствам химических методов можно отнести точность определения содержания органического углерода, однако необходимо отметить, что это довольно трудоемкие и затратные в отношении времени и реактивов методы, поэтому в практике геохимических исследований они используются все меньше и меньше. Пиролитический метод дает информацию о количестве, типе и термической зрелости ОВ пород, степени реализации нефтегазоматеринского потенциала. Существенным недостатком пиролитического метода

является необходимость изучения литологического состава пород, слагающих разрез, так как на результаты измерений может повлиять наличие определенных минералов, точечное определение пиролитических параметров, не дающих полное представление о величине и изменения содержания органического вещества на образцах керна, разрушение образцов (на измерение берется раздробленная часть породы).

2. Определение $C_{орг}$ по материалам комплекса геофизических исследований скважин (ГИС):

- a) прямые методы оценки содержания органического вещества (ГМ, ГМ-с, импульсный нейтрон-гамма спектрометрический каротаж или С/О-каротаж);
- b) методики оценки $C_{орг}$ (Schmoker, Mendelson, Passey, Issler) [6];
- c) методы, основанные на корреляционных зависимостях между показаниями методов ГИС и данными, измеренными на керне.

В эксплуатационных скважинах (пробуренных без отбора керна) единственным методом оценки $C_{орг}$ является использование вышеперечисленных методов и методик, относящихся к ГИС. Однако из-за технологических проблем результаты оценки зачастую характеризуются низкой степенью надежности [7].

Важным преимуществом применения технологии теплофизического профилирования является получение непрерывных профилей геохимических свойств пород с высоким пространственным разрешением по установленным их связям с теплопроводностью, а также определение теплопроводности матрицы по корреляционным зависимостям между теплопроводностью и $C_{орг}$ [8]. Непрерывный профиль $C_{орг}$ с разрешающей способностью 1-2 мм, полученный по результатам теплофизического метода исследования керна, имеет важное практическое применение при построении объемной модели породы (по результатам интерпретации данных ГИС).

Литература

1. Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Казаненков В.А., Конторович В.А., Костырева Е.А., Пономарева Е.В., Рыжкова С.В., Ян П.А. Баженовская свита – главный источник ресурсов нетрадиционной нефти в России.
2. Попов Е.Ю., Калмыков Г.А., Стенин В.П., Попов Ю.А., Спасенных М.Ю. 2015. Тепловые свойства пород баженовской свиты. Нефтяное хозяйство, 10, 32-37.
3. Попов Ю.А., Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Габова А.В., Ромушкевич Р.А., Спасенных М.Ю., Заграновская Д.Е. 2017. Исследования баженовской свиты с применением непрерывного профилирования тепловых свойств на керне. Нефтяное хозяйство, 22-27.
4. Калмыков Г.А. Строение баженовского нефтегазоносного комплекса как основа прогноза дифференцированной нефтепродуктивности: Дис. док. геол.-минер.наук. М., 2016. – 391 с.
5. Васильев В.В. Методы оценки качества нефтегазоматеринских пород. Учебное пособие. Ухта : УГТУ, 2012. – 56 с.
6. Куляпин П.С. Разработка интерпретационной и петроупругой моделей пород-коллекторов многокомпонентного состава и сложной структуры емкостного пространства: Дис. кан. геол.-минер. наук. М., 2016. – 136 с.
7. Парфенова Т.М., Меленевский В.Н., Москвин В.И. Использование гамма-каротажа для определения содержания органического вещества в высокоуглеродистых осадочных формациях (на примере баженовской свиты).
8. Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Попов Ю.А., Ромушкевич Р.А., Габова А.В., Жуков В.В. 2016. Новый подход к изучению баженовской свиты на основе теплофизического профилирования керна. Недрапользование – XXI век, 6(63), 52-61.

НЕПРЕРЫВНОЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ КЕРНА - НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКЕ, РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Попов Е.Ю., Савельев Е.Г., Чехонин Е.М., Ромушкевич Р.А., Попов Ю.А.,
Спасенных М.Ю.

E.Popov@skoltech.ru, Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Технология непрерывного профилирования керна основана на бесконтактном неразрушающем профилировании комплекса тепловых свойств на всем полноразмерном керне скважин (или его малогабаритных дубликатах – «горбушках») при помощи приборов оптического сканирования [1, 2]. Технология обеспечивает экспрессное непрерывное бесконтактное неразрушающее поточное профилирование главных значений тензоров теплопроводности и температуропроводности, объемной теплоемкости, коэффициентов тепловой анизотропии и неоднородности всего керна скважин в местах хранения керна с производительностью 15-20 м в рабочую смену. Пространственная разрешающая способность при профилировании теплопроводности, в зависимости от решаемой задачи, может быть выбрана в диапазоне 0,2-2 мм [1].

Создание и внедрение технологий Сколтеха привело к резкому объему и качеству экспериментальной информации о тепловых свойствах, относящихся к базовым физическим свойствам пород, и существенно расширило область эффективного применения тепловой петрофизики при поисках, разведке и добыче углеводородов. В 2014-1018 гг. технология теплофизического каротажа была применена нами для непрерывного профилирования в условиях кернохранилищ более 27 000 образцов керна из 35 скважин, пробуренных на 26 месторождениях с трудноизвлекаемыми и нетрадиционными ресурсами углеводородов [3-6].

Технология теплофизического профилирования керна обеспечивает следующие качественно новые возможности для изучения различных месторождений углеводородов, включая месторождения традиционных, нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов:

- создание уникальных по представительности баз данных по тепловым свойствам для бассейнового моделирования, гидродинамического моделирования методов добычи, основанных на тепловом воздействии на пласт;
- регистрация вертикальных вариаций тепловых потоков и определение их глубинных значений, необходимых для бассейнового моделирования;
- получение детальной информации о неоднородности и анизотропии пород по разрезам скважин.

Нами установлено, что для низкопроницаемых коллекторов баженовских и доманиковых отложений, в связи с незначительным влиянием пористости на тепловые свойства пород и слабо изменяющейся теплопроводностью минеральной матрицы пород, общее содержание органического вещества оказывает определяющее влияние на теплопроводность пород и ее пространственные вариации. В результате разработана и внедрена методика, обеспечивающая экспрессную регистрацию профилей общего содержания органического вещества вдоль скважин с пространственным разрешением ~1 мм [5, 6].

Путем комплексирования результатов теплофизического профилирования керна с данными ГИС установлены тесные корреляции теплопроводности с результатами стандартного каротажа, которые используются на практике для решения следующих задач [5, 6]:

- прогноз акустической анизотропии (параметр γ Томсена) пород месторождений на участках, где интерпретация данных акустического каротажа для этой цели затруднена;

- получение детальных данных (с пространственной разрешающей способностью ~5-10 см) о вариациях скоростей V_p и V_s упругих волны вдоль скважин;
- определение комплекса геомеханических характеристик (динамический модуль Юнга, коэффициент анизотропии модуля Юнга, коэффициент Пуассона и др.) с высокой детальностью непрерывной регистрации их пространственных вариаций (~5-10 см вдоль скважины);
- замена или дополнение метода механического скретчирования керна, имеющего особенно серьезные ограничения при изучении легкоразрушаемых пород низкопроницаемых коллекторов (баженовская свита и т.п.), для детальной (с разрешением 1-2 мм) регистрации неоднородности пород и вариаций предела прочности на одноосное сжатие пород вдоль скважины;
- выделение участков разрезов, на которых применение гамма-каротажа для оценки содержания органического вещества в низкопроницаемых коллекторах имеет существенные ограничения.

Технология теплофизического профилирования обеспечивает опережающее поточное профилирование полноразмерного керна сразу после его извлечения из контейнеров. Получаемая экспрессная информация позволяет:

- по оценкам тепловых свойств и их вариациям в пределах образцов керна установить интервалы глубин для целенаправленного отбора представительных образцов керна и выявления необходимых участков керна для изготовления стандартных образцов для последующих геомеханических исследований;
- по профилям содержания органического вещества определить участки образцов керна для обоснованного отбора проб для пиролиза.

В 2014-2017 гг. технология непрерывного теплофизического профилирования керна была внедрена в рамках сотрудничества с компаниями «Газпром нефть», «Лукойл-Инжиниринг», Роснефть, НОВАТЭК, Зарубежнефть и др. для решения задач поиска, разведки и разработки месторождений углеводородов, расположенных в баженовской свите, доманиковой формации, пермокарбоневой залежи Усинского месторождения тяжелой нефти [3-6].

Литература

1. Popov Yu., Beardsmore G., Clauser C., Roy S. 2016. ISRM Suggested methods for determining thermal properties of rocks from laboratory tests at atmospheric pressure. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 49(10), 4179-4207.
2. Попов Е.Ю., Савельев Е.Г. 2015. Регистрация пространственных вариаций свойств образцов пород на основе метода оптического сканирования. *Известия высших учебных заведений. Серия Геология и разведка*, 5, 39-47.
3. Попов Е.Ю., Калмыков Г.А., Стенин В.П., Попов Ю.А., Спасенных М.Ю. 2015. Тепловые свойства пород баженовской свиты. *Нефтяное хозяйство*, 10, 32-37.
4. Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Ромушкевич Р.А., Сафонов С.С., Урсегов С.О., Гурбатова И.П. 2016. Теплофизическое профилирование керна при доизучении геологического строения пермо-карбоневой залежи Усинского месторождения. *Известия высших учебных заведений. Серия Геология и разведка*, 6, 38-49.
5. Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Попов Ю.А., Ромушкевич Р.А., Габова А.В., Жуков В.В. 2016. Новый подход к изучению баженовской свиты на основе теплофизического профилирования керна. *Недропользование – XXI век*, 6(63), 52-61.
6. Попов Ю.А., Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Габова А.В., Ромушкевич Р.А., Спасенных М.Ю., Заграновская Д.Е. 2017. Исследования баженовской свиты с применением непрерывного профилирования тепловых свойств на керне. *Нефтяное хозяйство*, 3, 22-27.

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Романов В.В.

Roman_off@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Для зданий и сооружений на территории Москвы серьёзную проблему создают деформации земной поверхности — оседания, трещины, провалы и другие. При достаточной амплитуде и скорости они способны вызвать повреждение или даже обрушения сооружений [Картавых и др., 2004]. Деформации земной поверхности вызваны природными, антропогенными и техногенными причинами, также могут иметь смешанный генезис. Деформации возникают из-за сезонного промерзания, морозного пучения грунтов, оползневых и карстово-суффозионными процессов. Активизация этих опасных процессов возникает во много из-за нарушения природного гидрогеологического баланса.

С одной стороны, откачка подземных вод для водоснабжения, осушение котлованов при строительстве, общее снижение уровня грунтовых вод в связи с прокладкой метрополитена, строительство подземных сооружений приводят к возрастанию скорости течения воды и интенсивности развития карстово-суффозионных процессов. Противоположное явление, утечки вод из подземных коммуникаций, также провоцируют развитие карстово-суффозионных и оползневых процессов [Секошин, 2008].

По данным сайта «geomonitoring.ru» в Москве за III квартал 2017-го года отмечено 3 проявления опасных экзогенных геологических процессов — суффозии и оползней. Основными предпосылками развития деформаций земной поверхности являются скрытые поверхности скольжения оползневых тел, техногенные и карстово-суффозионные полости, располагающиеся на небольших глубинах, до 15-20 м.

Для оценки состояния грунтовой толщ, в которой располагается сооружение, применяются следующие полевые методы [Картавых и др., 2004]:

- Динамическое зондирование грунтов;
- Георадиолокация (ГРЛ);
- Бурение скважин для отбора проб грунтов и построения инженерно-геологического разреза;
- Сейсморазведка методами преломленных и отражённых волн (МПВ и МОВ), сейсмотомография (СТ)
- Электроразведка методами ВЭЗ и ЭП, электротомография [Романов, 2016]

Инженерная сейсморазведка обладает рядом преимуществ, которые выделяют её в перечисленном ряду. Так, разнообразие регистрируемых волн и их параметров позволяет картировать границы локальных подземных объектов по множеству независимых признаков, а также определять физико-механические свойства ослабленных зон в грунтовой массе.

В скальных грунтах и строительных материалах, при заполнении полостей воздухом и (или) водой заметно снижаются скорости продольных и поперечных волн. В достаточно крупных полостях, наблюдаются эффекты локального разрастания амплитуд продольных волн, из-за увеличения коэффициента отражения и конструктивной интерференции отражений от верхней и нижней кромки полости. В поле поперечных волн может быть выделена только верхняя кромка пустотелого объекта, тогда как в газовой-жидкой среде поперечные волны не распространяются.

Несмотря на то, что скорости поперечных волн значительно меньше, чем у продольных в полностью водонасыщенных грунтах, над уровнем грунтовых вод это различие падает. При поиске небольших объектов в зоне аэрации это факт следует учитывать. Скорость продольных волн в сухих грунтах примерно в 2 раза больше, чем у поперечных, а вот максимальная частота спектра, определяющая разрешающую способность, у продольных волн в 3-4 раза больше. Таким образом, использование продольных волн при картировании скрытых полостей в не полностью водонасыщенных грунтах более эффективно, чем поперечных.

Хорошим индикатором является коэффициент Пуассона, который можно вычислить по измеренным на одном объекте скоростям продольных и поперечных волн. Для ослабленных зон и полостей коэффициент Пуассона возрастает, достигая уровня 0,45-0,48. Помимо коэффициента Пуассона с помощью сейсморазведки находят значения таких свойств, как плотность, влажность, различные упругие модули и многих других. При изучении оползней анизотропия сейсмических свойств помогает обнаруживать области с повышенным механическим напряжением, которые склонны к перемещению вниз по склонам.

Перспективным представляется применение пассивной сейсмологии, т.е. регистрация микросейсм, вызываемых сейсмической эмиссией подземных полостей и ослабленных зон, а также эффектом усиления такими объектами нормального поля микросейсмических колебаний [Шилов, 2013].

Предлагается методика картирования малоглубинных полостей и иных зон при помощи отражённых и преломлённых сейсмических волн. Для совместного прослеживания продольных и поперечных волн будут использоваться две схемы наблюдений: Y-Y и Z-Z. Данные схемы Y-Y будут применяться для выделения отражённых и преломлённых поперечных монотипных волн. Схема Z-Z позволяет использовать метод поверхностных псевдорэлеевских волн и выполнять томографическую инверсию годографов первых вступлений. Для выполнения полевых работ оптимальной является система наблюдений, основанная на перемещении с малым шагом (1-2 шага приёма) пункта возбуждения по неподвижной расстановке. При необходимости отработки длинного профиля из последовательности более коротких, рекомендуется перекрывать их на 1/2-1/4 длины. Выбранная система эффективна для всех названных методов — МОВ, МПВ (СТ) и MASW.

Признаками наличия подобных объектов в волновом поле являются — локальные гиперболические оси дифрагированных волн, резкое возрастание частоты и сужение спектра в резонирующих пустотах, локальное уменьшение или разрастание амплитуд регулярных объёмных волн, потеря корреляции устойчивых сейсмических границ. Также скрытые полости проявляются в уменьшении значений скоростей сейсмических волн и физико-механических параметров [Бенедик, Гранит, 2014].

Обобщая сказанное, стоит отметить, что из-за разнообразия методов и интерпретационных признаков, высокой помехоустойчивости в городских условиях, а также возможности прямого определения физико-механических свойств сейсморазведка имеет хорошие перспективы в деле обеспечения и мониторинга безопасности зданий и сооружений.

Список литературы:

1. *Бенедик А.Л., Гранит Б.А.* Дискретно-иерархическая блочная модель массива горных пород и проявления карстово-суффозионных процессов // Промышленное и гражданское строительство. —2014. —№ 11. —С. 22-26.
2. *Картавых В.Е., Черняков Д.В., Шахраманьян А.М., Маклаков А.С.* Использование методов инженерной геофизики при оценке инженерной безопасности зданий и сооружений // Технологии гражданской безопасности. —2004. —№ 2. —С. 59-61.
3. *Романов В.В.* Выделение подземных сооружений и коммуникаций методами инженерной геофизики // В сборнике: Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи Юбилейная конференция, посвященная 25-летию образования ИГЭ РАН. Ответственный редактор В.И. Осипов. —2016. —С. 688-692.
4. *Секошин А.В.* Эколого-геоморфологическая оценка территории междуречья рек Яузы и Неглинной // Геоморфология. —2008. —№ 2. —С. 38-44.
5. *Шилов А.А.* Изучения скоплений угольного метана региональными методами // Научный вестник Московского государственного горного университета. —2013. —№ 5. —С. 117-121.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ГРАВИМЕТРОВ РАСШИРЯЕТ КРУГ ПРИКЛАДНЫХ И НАУЧНЫХ ЗАДАЧ.

Тарасов А.А.

tarasov.alexey.rf11@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Из всех услуг, какие могут быть оказаны науке,
величайшая – введение в ее обиход новых идей.
Д.Томсон

Гравиразведка, как прикладная ветвь гравиметрии начала развиваться в начале прошлого века, когда Лоран Этвеш сконструировал гравитационный вариометр для измерения вторых производных потенциала силы тяжести и применил его для локализации железорудного месторождения. Недостатками вариометров являлось высокая чувствительность к неглубоко залегающим объектам, низкая производительность, сложность учета поправок и обработки результатов измерений. В 30-х годах появились статические относительные гравиметры, которые быстро стали основными приборами наземной гравиразведки. Чувствительные системы гравиметров изготавливаются либо из плавленого кварца, либо из металла, с пружинами нулевой длины. Большой интерес к гравиметрическим измерениям возник после Великой Отечественной Войны не только как к эффективному геофизическому методу поисков и разведки МПИ, но и со стороны Министерства Обороны, для расчета траекторий баллистических ракет и подводной навигации.

Развитие гравиразведки в России можно поделить на два этапа. Первый этап – это с 50х- годов до 1991г и второй этап – от начала 90-х годов до настоящего времени. В течении первого этапа в СССР выпускались гравиметры с кварцевыми и металлическими пружинами заводами «Геологоразведка» и «Нефтекип». Главным конструктором гравиметров был К.Е.Веселов. Основные марки отечественных гравиметров: ГАК-3; ГАК - 4; Дельта-2; ГНУ-КС; ГНУ-КВ; ГАГ-2; ГМТ-1. Точность измерения силы тяжести достигала 0,01 – 0,03 мГал. В 1991г были изготовлены опытные компьютеризированные гравиметры ГНУ-КВК с автоматической компенсацией. Эти гравиметры решали поставленные Мингео и Минобороны геологические и оборонные задачи. В настоящее время в России гравиметры не производят.

Второй этап начинается с распадом СССР в 1991г. Объемы гравиметрических измерений резко упали не только в РФ, но и во всем мире. Но постепенно, интерес к гравиметрическим измерениям возрастает, так как чувствительность и точность измерений возросли на два порядка, компьютерное оснащение приборов расширилось и качественно улучшилось, точность и производительность топогеодезического обеспечения работ резко возросли, абсолютные гравиметры стали портативными.

Основными наземными приборами современной гравиразведки являются канадские и американские разработки. Это относительные гравиметры с металлическими чувствительными системами корпорации ZLS (Zero – Length Spring) La Coste & Romberg: гравиметр-регистратор Micro-g La Coste, L&R Graviton, ZLS Burris, L&R Aliod. Эти приборы фактически являются портативными высокоточными сейсмогравиметрическими станциями с частотными характеристиками в диапазоне 0.05 – 0.5 герц и с чувствительностью к инерциальным и гравитационным ускорениям 0,1 мкГал (1 н/м²). Фирма Scintex, начиная с конца 80-х годов, выпускает кварцевые неастиазированные гравиметры с цифровой автоматической регистрацией результатов измерений, с

автоматической системой введения приливных вариаций силы тяжести и возможностью вычисления аномалий силы тяжести в редукции Буге непосредственно в полевых условиях. Это марки CG-3auto, CG-5auto, CG-6auto, чувствительность приборов – 1 мкГал, они являются самыми массовыми гравиметрами в РФ в настоящее время. Недостатком этих приборов является высокая чувствительность к микросейсмическим помехам. Приборы могут работать одновременно как гравитационные и сейсмологические осциллографы непрерывно записывая информацию в цифровом виде.

Дуалистические свойства современных гравиметров, в сочетании с высокой чувствительностью и цифровой автоматической регистрацией, в комплексе с абсолютными измерениями открывают новые возможности решения насущных прикладных и научных задач, таких как:

- увеличение производительности гравиметрических поисковых и детальных съемок
- детальное изучение строения месторождений полезных ископаемых;
- мониторинг разработки месторождений углеводородов;
- контроль и мониторинг состояния подземных хранилищ газа (ПХГ);
- контроль состояния горных пород во внешнем тоннельном пространстве;
- обнаружение электро-сейсмического эффекта на рудных месторождениях и другие.

Использование современного гравиметра как высокочувствительной сейсмостанции, и объединение множества этих приборов в единую централизованную сеть, позволит получать огромный массив данных о каждом сейсмическом толчке или микросейсме перед полноценным землетрясением в пределах работы сети. Накопив данные с сейсмогравиметрических станций, мы сможем осуществлять оперативный прогноз землетрясений, локализуя местонахождение их эпицентра до территории, занимаемой одним участком сети. Разумеется, это означает необходимость собственного, российского производства подобной аппаратуры и её максимальное удешевление с сохранением чувствительности, и точности, при этом, приборы должны быть достаточно компактными и хорошо защищёнными от внешней среды и механических воздействий. Иная сложность может возникнуть из-за того, что информация, передаваемая сетью, скорее всего будет объявлена секретной, с доступом к ней одного лишь Министерства Обороны.

Литература.

1. Андреев О.П., Кобылкин Д.Н., Ахмедсафин С.К., Кирсанов С.А., Безматерных Е.Ф., Кривицкий Г.Е. (2012). Гравиметрический контроль разработки газовых и газоконденсатных месторождений. Состояние, проблемы, перспективы. - М.: ООО «Издательский дом Недра». – 374с.: ил.
2. Гравиразведка: Справочник геофизика. - М.:Недра, 1990. - 607 с.
3. Веселов К.Е. Гравиметрическая съемка. – М.: Недра. 1986. – 312 с.
4. Sylvain Bonvalot. Mesures et traitement de gravimetrie terrestre. GRGS, 2011.
5. MGL Surveys. Borehole & surface microgravity surveys.
6. Гусев Н.А. Определение ускорения силы тяжести (из воспоминаний гравиметриста). – М.: ОНТИ ЦНИИГАиК, 2013. – 174 с.: ил.
7. Торге В. Гравиметрия: Пер. с англ. – М., Мир, 1999. – 429с., ил.

УТОЧНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МОХОРОВИЧИЧА ПО РЕТРОСПЕКТИВНЫМ ДАННЫМ ПО НОМЕНКЛАТУРНЫМ ЛИСТАМ N-51- 53, M-52-54

Цвитненко Д.А.

dimshiky@mail.ru, МГРИ—РГГРУ, Москва, Россия

Задача: построить модель поверхности Мохоровичича.

Исходные данные: геологическая и тектоническая карты Дальнего Востока масштаба 1:10000000, карта глубин залегания Мохо с результатом предшествующих исследований, растры: глубинные сейсмические разрезы по профилям построенные по результатам ГСЗ (глубинного сейсмического зондирования), МТЗ (магнитнотеллурического зондирования) и МОВЗ (метода обменных волн землетрясений).

Изученность территории исследования

Карта глубин залегания Мохо с результатом предшествующих исследований была построена Б. Ф. Шевченко, Л. И. Попеко, А. Н. Диденко. Сутью их исследования было описание тектонического и глубинного строения литосферы восточной части Монголо-Охотского орогенного пояса на основе анализа комплекса геологогеофизических данных.

Построение геолого-геофизической модели глубинного строения для района предложения глубинного профиля 8ДВ будет осуществляться камеральным путём на базе анализа и интерпретации фондовых и опубликованных ретроспективных материалов с применением современных компьютерных технологий. Увязка ретроспективных материалов по глубинным профилям (ГСЗ, МОВЗ, ТСЗ) позволит построить взаимоувязанные комплексные геофизические модели. На основе этих комплексных моделей и результатов моделирования потенциальных полей будет уточнено положение основных поверхностей раздела земной коры.

Задача решается с помощью пакета программ ГИС Интегро.

Компьютерная система ГИС Интегро, разработанная в лаборатории геоинформатики ВНИИгеосистем, является специализированной геоинформационной системой, предназначенной для решения задач картопостроения, прогноза полезных ископаемых и моделирования геологического строения земной коры.

Основное преимущество ГИС Интегро заключается в возможности хранения и визуализации разных видов информации и наличии специализированных модулей работы с геолого-геофизической и геохимической информацией. Модули обработки геофизической информации, анализа данных и решения прогнозных задач содержат эффективные процедуры обработки данных.

Составные Части ГИС Интегро

Базовый пакет содержит средства ввода и редактирования электронных карт, пространственной привязки и перепроецирования. Обеспечивает работу с векторными, растровыми, табличными и сеточными данными. Позволяет работать с профилями и разрезами. Поддерживает электронную базу геологических знаков (ЭБЗ), оснащен блоками преобразования информации из векторной формы в сеточную и обратно. В базовый пакет входят векторный редактор, редакторы атрибутивных таблиц и сетей. Векторный редактор поддерживает совместное редактирование объектов внутри слоя и объектов разных слоев. Редактор сеточных данных оснащен калькулятором свойств и редактором запросов.

3D-блок содержит трехмерный вьюер векторной и сеточной информации, дает возможность вырезать двумерные данные по трехмерным и погружать двумерные данные

различной локализации в трехмерные сцены, визуализировать скважины с учетом инклинометрии.

Ход работы

1) Создание Гис проекта включало: привязку исходных данных, приведение картографических проекций к единому виду, векторизация исходных карт, разрезов. Проект создавался в проекции Меркатора.

2) Строим схему исследуемого участка, используя оцифрованные геологическую и тектоническую карты Дальнего Востока масштаб 1:10000000, а также места проложения профилей.

3) Выносим на схему точки глубин залеганий поверхности Мохо по каждому из профилей.

4) Интерполяция глубин залегания Мохо на площадь исследований (результатом интерполяции этих точек является модель).

5) Сравниваем старую и новую модели и делаем вывод.

Вывод: Проведён анализ полученной карты Мохо и границ основных тектонических структур. В результате анализа можно сделать следующие выводы: в районе Становой гранит зеленокаменной области мощность земной коры максимальна и составляет 47-50 км; минимальная мощность земной коры характерна для Сихотэ-Алинской орогенной области; территория докембрийских массивов центрально-азиатского складчатого пояса (аргунно-мамынский, дягдачи) имеет мощность земной коры близкую к становой области 47-50 км; Между территорией Становой гранит зеленокаменной области и территорией центрально-азиатского складчатого пояса наблюдается уменьшение земной коры в районе Монголо-Охотского складчатого.

В результате сравнительного анализа карты глубины залегания поверхности Мохоровичича с картой Мохо полученной в результате предшествующих исследований можно сделать следующие выводы: новая карта имеет более детальное описание рельефа поверхности мохо в 1 и 2 районе, отличие проанализированных карт возможно связанные с тем, что в предшествующих исследованиях не учитывались ряд профилей.

Сравнивая фильтрованную по среднему предполагаемую поверхность Мохоровичича со схемой тектонических блоков Дальнего Востока сделаем следующий вывод: с запада на восток граница Мохоровичича поднимается с глубины 50 км до 28 км, наибольший подъём совпадает с Сихотэ-Алинским эрогенным поясом и шельфом Татарского залива.

Список литературы

- 1) *Shevchenko B.F., Popeko L.I., Didenko A.N.* 2014. Tectonics and evolution of the lithosphere of the eastern fragment of the MongolOkhotsk orogenic belt. *Geodynamics & Tectonophysics* 5 (3), 667–682. doi:10.5800/GT2014530148.
- 2) **Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт (ВНИГНИ)** официальный сайт: <http://www.geosys.ru/index.php/gis-integro>

РОЛЬ НЕПРЕРЫВНОГО ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПРИ ОТБОРЕ ОБРАЗЦОВ КЕРНА ВЫСОКОНЕОДНОРОДНЫХ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ СВИТ ДЛЯ ДЕТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Чехонин Е.М., Шакиров А.Б, Богданович Н.Н., Попов Е.Ю., Ромушкевич Р.А., Попов Ю.А.

E.Chekhonin@skoltech.ru, Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Разработка петрофизической основы интерпретации данных ГИС и построение геологической модели залежи требует проведения в лаборатории детальных петрофизических исследований на керновом материале. С целью уменьшения временных и финансовых затрат большинство методик детальных исследований подразумевают предварительное формирование коллекций представительных образцов. Представительный образец должен иметь определенный размер, ненарушенную структуру и достоверно характеризовать свойства, состав и строение [1] каждого литотипа горной породы в изучаемом разрезе.

Вопрос об оптимальной и достаточной выборке кернового материала при изучении высоконеоднородных нефтематеринских свит на сегодня остаётся нерешенным по ряду причин. Во-первых, керн нефтематеринских пород подвержен влиянию условий хранения (растрескивание, испарение углеводородов и т.д.), поэтому отбор образцов стараются сделать как можно быстрее после вскрытия транспортировочных труб (консервируя сразу часть керна, не используемую в исследованиях). Во-вторых, до момента изъятия керна из транспортировочных труб при формировании выборки образцов под различные исследования геолог оперирует лишь несколькими источниками информации о керне: данные гамма-спектрометрии и рентгеновской томографии керна [2], которые нельзя считать достаточными. В результате дальнейшая выборка образцов становится субъективной и недостаточно представительной ввиду того, что гамма-спектрометрия не обладает достаточной разрешающей способностью и используется, в основном, для увязки керна, а томография керна позволяет лишь визуально оценить структурно-текстурные особенности горных пород. В-третьих, отсутствуют стандартные, общепризнанные методики по отбору образцов для детальных исследований, а корпоративные методики зачастую недоступны вне соответствующей организации. Обоснования того или иного подхода – статистического, адресного или комбинированного – для отбора образцов отсутствуют в случае исследований керна высоконеоднородных и анизотропных нефтематеринских пород.

Исходя из вышеописанного можно сделать вывод, что оптимальный метод формирования представительной выборки должен включать результаты использования оперативного и гибкого инструмента, обеспечивающего экспрессные исследования вариаций физических свойств горных пород сразу после извлечения кернового материала из транспортировочных труб с учетом неоднородности и, желательно, анизотропии пород. В качестве такого инструмента для повышения обоснованности отбора образцов керна нами предложена и внедрена технология непрерывного высокоразрешающего теплофизического профилирования керна [3,4], основанная на рекомендованном Международной ассоциацией геомехаников (ISRM) методе оптического сканирования [5]. Теплофизическое профилирование осуществляется непосредственно на кернохранилищах бесконтактным, неразрушающим керн способом. При сканировании вдоль оси керна измеряется теплопроводность вдоль напластования, что обеспечивает достаточную представительность данных при глубине зондирования ~15 мм [5], т.к. породы нефтематеринских свит имеют преимущественно слоистую текстуру и поэтому неоднородны в основном вдоль оси керна. Высокодетальная и надежная информации о теплопроводности пород разреза позволяет анализировать изменение теплопроводности с изменением масштаба – от 1 мм и более, - что

наряду с оценками степени тепловой неоднородности и анизотропии помогает отобрать коллекции представительных образцов требуемого размера.

Установленные нами тесные корреляционные связи между вариациями теплопроводности и вариациями других свойств нефтематеринских пород (например, общее содержание органического вещества, скорости упругих волн, плотность, естественная радиоактивность, длина замедления нейтронов и т.д.) [3, 6], обусловленные высоким контрастом свойств органического вещества и матрицы пород и отражающие распределение органического вещества по разрезу, позволяют предложить методику целенаправленного отбора образцов для проведения различных детальных исследований, в том числе геомеханических и геохимических.

В общих чертах последовательность операций выглядит следующим образом. Сначала производят автоматизированный (по длине линий сканирования) отбор интервалов глубин, содержащих образцы длиной, не менее задаваемой (согласно требованиям отбора образцов). Затем рассчитывают среднее значение теплопроводности для каждого выбранного интервала глубин, из которого может быть выпилен образец зерна заданной длины. Далее производят комплексирование профильных данных, рассчитанных средних значений теплопроводности и геологических представлений (в т.ч. с использованием планшета) с целью выбора интервалов глубин, отвечающих разным литологическим разностям. После этого детально анализируют каждый выбранный интервал глубин и выбирают наиболее однородные участки полноразмерного зерна для выпиливания образцов заданной длины. При необходимости фиксируют интервалы глубин с близкими средними значениями теплопроводности для последующего выпиливания и проведения детальных лабораторных исследований на совокупности близких по свойствам образцов. К технологическим преимуществам метода теплофизического профилирования зерна можно отнести также возможность проведения измерений по образцам не по порядку (что позволяет уменьшить время нахождения образца в негерметичном состоянии) и возможность восстанавливать утраченную по технологическим причинам информацию (в частности, результаты гамма-спектрометрии при низком качестве упаковки зерна) с использованием связей «кern-ГИС».

Литература

1. ГОСТ 30330-95: Породы горные. Термины и определения.
2. Галкин С.В., Ефимов А.А., Кривошеиков С.Н., Савицкий Я.В., Черепанов С.С., 2015. Применение метода рентгеновской томографии при петрофизических исследованиях зерна нефтяных и газовых месторождений. Геология и геофизика, 56 (5), 995-1007.
3. Попов Ю.А., Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Габова А.В., Ромушкевич Р.А., Спасенных М.Ю., Заграновская Д.Е. 2017. Исследования баженовской свиты с применением непрерывного профилирования тепловых свойств на керне. Нефтяное хозяйство, 22-27.
4. Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Ромушкевич Р.А., Сафонов С.С., Урсегов С.О, Гурбатова И.П.. 2016. Теплофизическое профилирование зерна при доизучении геологического строения пермо-карбоневой залежи Усинского месторождения. //Известия высших учебных заведений. Серия Геология и разведка, 6, 38-49.
5. Popov Y., Beardsmore G., Clauser C., Roy S. ISRM Suggested methods for determining thermal properties of rocks from laboratory tests at atmospheric pressure. //Rock Mechanics and Rock Engineering, 2016, № 49(10), 4179-4207.
6. Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Габова А.В., Савельев Е.Г., Ромушкевич Р.А., Попов Ю.А., Стенин В.П. 2018. Роль тепловой петрофизики при исследованиях доманиковой формации. // Труды международной конференции ГЕОЕвразия-2018.

ОЦЕНКА ГРАВИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

Шевченко В. А.

shevchenkov.a@yandex.ru

МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

В настоящее время прирост запасов углеводородов (УВ) в РФ существенно отстает от объемов добычи. Так, в течение 2016 г. прирост запасов УВ составил около 50 млн. тонн при добыче за этот же период 530 млн. тонн. По нашему мнению причина кроется в отсутствие системного подхода, разумного комплексирования геофизических методов и игнорировании потенциала гравитационной разведки.

Северные нефтегазоносные районы Западной Сибири РФ, ЯНАО, Уренгой, ХМАО были в 70-х годах прошлого века покрыты гравиметрической съемкой масштаба 1:200000 качество которой находится на нижней грани требований Технической инструкции по гравиразведке и не отвечает современным требованиям геологоразведочных задач в этих районах. В тоже время, как показывают расчеты аномальных гравитационных эффектов от обнаруженных и успешно эксплуатируемых залежей УВ, эти месторождения должны отражаться в гравитационном поле М 1:200000. Так, например, гигантское нефтегазоконденсатное месторождение «Заполярье», вычисленный аномальный гравитационный эффект только от сеноманского горизонта которого составляет более 2 мГал, практически не проявляется в суммарном гравитационном поле (Рисунок 1, Андреев и др., 2012).

О низком качественном уровне материалов гравиметрических съемок М 1:200000 говорилось неоднократно (Бабаянц, 2017). Совершенно очевидно, что эти съемки исчерпали свой ресурс и необходимо проведение гравиметрических работ более крупного масштаба, например 1:50000.

Однако районы криолитозоны (которые занимают порядка 60% территории нашей страны) требуют при проведении гравиметрических съемок особого подхода, вызванного как сильной плотностной неоднородностью верхней части геологического разреза, так и трудными географическими условиями проведения полевых работ.

Подземные льды слагают жилы и пласты различного происхождения. В зависимости от механизма образования, выделяют сингенетические, эпигенетические и полигенетические подземные льды. Эпигенетические жильные льды формируются при промерзании ранее образовавшихся осадочных горных пород, и достигают по вертикали 6-7 м, в плане 3-4 м. Сингенетические жильные льды образуются в процессе формирования осадков, синхронно осадконакоплению, и могут достигать куда больших размеров – до 50-60 м по вертикали и 8-10 м по горизонтали. И те и другие образуют полигональные в плане структуры. Пластовые льды образуются в результате инъекционного, миграционно-сегрегационного или вакуумно-фильтрационного механизмов. Инъекционные льды образуются в результате внедрения и замерзания свободной воды, поступающей в мёрзлые или промерзающие пласты под напором, и в наиболее типичном варианте слагают ядра бугров пучения – булгуных (горизонтальные размеры до первых сотен м, мощности до первых десятков м). Миграционно-сегрегационные льды образуются в результате относительно медленного промерзания тонкозернистых грунтов, слагают относительно тонкие пласты (до нескольких десятков см), чередующиеся с пластами пород. Вакуумно-фильтрационные льды образуются при колебании уровня подошвы мёрзлых пород, и образуют крупные пласты льдов. В пределах Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения выделяются пласты протяжённостью до 2 км и мощностью более 20 м (средняя – 8 м).



с наземной заверкой локализованных аномалий

2) группирование измерений по нескольким точкам с радиусом 10-25 м для ослабления аномалий от локальных форм подземных залежей льдов (конкретные размеры группы нужно уточнять по результатам опытно-методических работ).

Рисунок 1 Заполярное НГКМ. Региональное гравитационное поле:

1 – контур газонасыщенности, 2 – изоаномалы, мГал

Литература

Андреев О.П., Кобылкин Д.Н., Ахмедсафин С.К., Кирсанов С.А., Безматерных Е.Ф., Кривицкий Г.Е. (2012). Гравиметрический контроль разработки газовых и газоконденсатных месторождений. Состояние, проблемы, перспективы. - М.: ООО «Издательский дом Недр». – 374с.: ил.

Бабаянц П.С. (2017). Возможности и целесообразность использования ретроспективных гравимагнитных данных для решения прогнозно-поисковых задач. Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: материалы 44-й сессии Международного семинара им. Д.Г.Успенского Москва, ИФЗ РАН, С 31-33.

Гладкий К.В., Лобанов А.М., Мельников В.П. (1974). Влияние поверхностных геологических неоднородностей на изменение гравитационных и магнитных полей. Разведочная геофизика, № 64, М., Недрa, с. 139-144.

Васильчук Ю. К. (2013). Повторно-жильные льды. Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал. Том 2. Криосфера Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения. — Т. 2. — ООО «Газпром экспло Москва. — С. 318–325.

Веселов К.Е., Мудрецова Е.А., Сучкова Р.В. (1975). Инструкция по гравиметрической разведке. М: Всесоюзный научно-исследовательский институт геофизических методов разведки, 88 стр.

Э.Д. Ершова (ред.) (1996). Основы геокриологии, часть 2, Лито-генетическая геокриология. Изд-во МГУ,

Нами оценены гравитационные эффекты от различных моделей плотностных неоднородностей приповерхностной части геологического разреза, как по амплитудам, так и по геометрическим размерам. Аномалии силы тяжести, создаваемыми плотностными неоднородностями, могут иметь различные амплитуды (от нескольких мГал до первых МГал) и горизонтальные размеры (от нескольких метров до первых километров).

Эти аномалии представляют собой источники геологических помех, которые необходимо учитывать и ослаблять при крупномасштабных съемках. Предложено два способа их ослабления:

1) аэрогравиметрическая съемка

ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ И MASW ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ МЕТОДА ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН

Шматкова А.А.

laudina@mail.ru, МГРИ-ПГПУ, Москва, Россия

Инженерная сейсморазведка методами МОВ и МПВ используется для прослеживания геологических границ в грунтовой толще, определения состояния и физико-механических свойств грунтов, уточнения карстово-суффозионной и оползневой опасностей, оценки ожидаемой интенсивности землетрясений [3].

Однако методы, основанные на объёмных волнах, имеют ряд недостатков. На вертикальную разрешающую способность разрезов МОВ влияет высокий уровень шума от источника в ближней зоне, а на горизонтальную — размер отражающей площадки. Для МПВ необходимо постоянное и значительное возрастание скорости с глубиной, выделяемые слои должны иметь достаточно большую мощность [4]. Оба этих метода не позволяют получить детальную глубинно-скоростную модель в первых 10 метрах. Именно поэтому, необходимо проводить комплексную обработку сейсмических данных, дополняя метод ОГТ, обработкой СТ и MASW.

Метод СТ по годографам первых вступлений представляет собой классическую нелинейную обратную задачу, которая позволяет по наблюдаемым данным восстановить свойства среды (изменение скорости упругих волн с глубиной с пространстве). В инженерной сейсморазведке часто используют этот метод для определения обводненных грунтов, оползневых структур [1], мониторинга скальных пород [2]. Среди недостатков метода можно отметить, что полученное решение не единственно, метод требует опорной геологической модели с высокой степенью достоверности. Также в сейсмической томографии часто пропускаются резкие преломляющие границы из-за сглаживания годографов первых вступлений.

Ограничения методов объёмных волн не влияют на методику исследования поверхностных волн. Амплитуда этих волн достаточно высока, поэтому высокий уровень шума не оказывает сильного влияния на разрешение данных. Для таких волн наблюдается дисперсия скорости — зависимость скорости (а, следовательно, и длины волны, определяющей глубину проникновения) от частоты [4].

Основываясь на опыте предыдущих исследователей [5], автор приводит пример совместной обработки СТ, MASW и данных отраженных волн по двум профилям, полученным в районе города Тула. Был сформирован совместный алгоритм обработки: проведение СТ по данным поперечных и продольных волн, полученных в том же районе; СТ по данным продольных волн выбранных 2 профилей; получение глубинной скоростной модели поперечных волн; проведение MASW по данным продольных волн с использованием коэффициента Пуассона из данных СТ; получение сводного графика зависимости среднеквадратической скорости от двойного времени пробега по данным СТ, MASW, ОГТ; обработка данных отраженных волн методом ОГТ с использованием сводного графика скоростей.

Для проведения совместной обработки автором были выбраны данные отраженных поперечных волн, на сейсмограммах которых уверенно выделяются полезные отражения (высокое отношение полезный сигнал/помеха в ближней зоне). Для получения детального строения ВЧР по таким данным, необходимо дополнить методику обработки ОГТ, методами СТ и MASW. Метод СТ проводится по первым вступлениям прямой и преломленной волн. Подобные волны были выделены только на данных продольных волн. Чтобы перейти от глубинно-скоростной модели продольных волн к модели поперечных волн был использован график зависимости коэффициента Пуассона от глубины по данным отраженных волн, полученным в том же районе.

Для получения графика зависимости коэффициента Пуассона от глубины был использован совместный граф обработки методом СТ. В результате гладкой инверсии были

получены трехслойные глубинно-скоростные модели продольных и поперечных волн. Средние скорости P- и S_v -волн составили 500 и 250 м/с. Полученные результаты сравнили с данными геологического разреза. По глубинно-скоростной модели поперечных волн хорошо отбивается кровля известняков. После был получен закон изменения коэффициента Пуассона с глубиной (среднее значение 0,35). Однако, стоит заметить, что СТ предполагает множество решений, даже использование априорных данных в качестве опорной модели, не позволяет получить модель с высоким уровнем достоверности (геологический разрез построен лишь по 2 скважинам). В дальнейшем автор планирует увеличить количество итераций СТ, использовать уточненную априорную модель и расширить методику на другие данные, что, возможно, повысит степень достоверности результата.

В результате гладкой инверсии данных продольных волн была получена трехслойная глубинно-скоростная модель, на которой наблюдается резкое возрастание скорости от поверхности до глубины 3-х метров от 150 до 900 м/с. Эта область была выбрана для уточнения скоростного закона: получение зависимости поперечных волн от глубины через коэффициент Пуассона, пересчет интервальных скоростей в среднеквадратические, переход от глубинного закона к временному.

Методика MASW позволила получить глубинно-скоростную модель поперечных волн с максимальной глубиной 15 метров и скоростями 150-300 м/с. В модели можно выделить 4 слоя: первый мощностью до 5 метров и скоростью 210 м/с, второй мощностью до 4 метров и скоростью 180 м/с, третий мощностью 1 метр и скоростью 210 м/с и четвертый - 5 метров и скоростью 260 м/с. Алгоритм получения графика зависимости среднеквадратической скорости от времени по интервальным скоростям MASW совпадает с алгоритмом пересчета скоростей СТ, описанный выше.

Полученный скоростной закон был применен при введении кинематических поправок и переводе временного сейсмического разреза в глубинный. Полученные глубинные разрезы были проинтерпретированы, в результате чего были выделены 4 слоя. Скорости и мощности слоев совпали с литолого-стратиграфической колонкой.

В результате совместной обработки СТ, MASW, ОГТ данных отраженных волн удалось получить более детальное расчленение верхней части разреза, что повысило качество интерпретации. Увеличилась амплитуда устойчивых отражений, оси синфазности стали более непрерывные, что позволило отбить подошвы песков, глин и известняков.

Список литературы:

1. Романов В.В., Интерпретация сейсмической томографии на примере изучения геологического строения оползневого склона // Разведка и охрана Недр. – 2015. – Номер 3, - С. 34-37.
2. Абрамов Н.Н., Епимахов Ю.А., Кабеев Е.В., Методическое обеспечение геомониторинга устойчивости скальных откосов // ВЕСТНИК Кольского научного центра РАН. – 2017. – Номер 9, - С. 78-84.
3. Ahmed, I. Near-surface characterization of a geotechnical site in north-east Missouri using shear-wave velocity measurements / I. Ahmed, N. Anderson // Near Surface Geophysics. – 2007 – Vol. 5, No. 5. – pp. 331-336.
4. Dal Moro, G. Velocity spectra and seismic-signal identification for surface-wave analysis / G. Dal Moro, E. Forte, M. Pipan, M. Sukan // Near Surface Geophysics. – 2006. – Vol. 4, No. 4. – pp. 243-251.
5. Rodríguez-Pradill, G. Applications of shallow-seismic exploration methods for mechanical characterization of soil and rock bodies at engineering project sites in Colombia // Near Surface Geophysics. – 2015. – Vol. 34, No. 2. – pp. 166-168.

S-VII

**СЕКЦИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТОКИ НА РУДНИКАХ И ШАХТАХ

Александрова Ю.В.

Aleksyu21@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Формирование комплексной механизации на горных предприятиях производится в соответствии с объемом горных работ. Вначале устанавливается количество технических средств для выемки и погрузки. Затем, с учётом погрузочных средств и природных условий выбирается вид транспорта. В зависимости от направления перемещения грузов формируются грузопотоки, являющиеся основанием для проектирования вскрытия рабочей зоны.

В отличие от общепромышленного понятия – грузопоток, под которым понимается движение грузов, перевозимых транспортом за определённый период времени с указанием пунктов отправления и назначения грузов, в горном деле грузопотоком называется установившееся направление перемещение карьерных грузов.

Грузопотоки разделяются по виду перемещаемого груза: полезное ископаемое, порода.

Основанием для решения разделения карьерных грузов по грузопотокам является решения по размещению приёмных пунктов для полезного ископаемого, площадей под отвалы породы.

Существующий принцип формирования комплексной механизации горных работ на рудниках карьерах со скальными и полускальными породами не имеет глубокой внутренней связи параметров и режима работы машин между собой со свойствами разрабатываемого массива и перемещаемой горной массы.

При разработке крепких горных пород очень часто оказывается, что комплект, сформированный из различных машин, используется не достаточно эффективно из-за неувязки или несоответствие параметров отдельных машин друг другу и неполного соответствия машин свойствам разрабатываемых горных пород. Это усложняют работу погрузочных, транспортных средств и перегрузочных устройств снижая вследствие этого и эффективность использования в целом комплекта оборудования (табл. 1). При этом, чем больше мощность техники, тем, естественно, становятся ощутимее потери.

Таблица 1

Свойства горных пород и горной массы, влияющие на технологию горных работ.

Технологический процесс	Параметры массива и горной массы
Подготовка горных пород к выемке	Коэффициент крепости, модуль упругости, предел прочности, плотность, петрографический состав, трещиноватость, блочность, форма залегания, направление напластования.
Погрузка	Состав по крупности горной массы, степень разрыхления, связность, абразивность, влажность, объёмный вес, температура горной массы.
Транспорт	Коэффициент разрыхления, кусковатость, связность, сцепление, содержание глинистых частиц и мелких фракций, объёмный вес, температура горной массы, абразивность, влажность, заснеженность, слеживаемость.

Переработка	Гранулометрический и петрографический состав, предел прочности на сжатие, модули упругости, удельный вес.
-------------	---

Рост мощности горной и транспортной техники требует ориентации на ее специализацию как по взаимосвязи параметров машин, входящий в комплект, так и по взаимосвязи параметров машин со свойствами разрабатываемого массива и горной массы.

Любое месторождение представляет совокупность горных пород различных по своим свойствам.

В таких условиях формирование комплексной механизации и её специализация в целом для месторождения затрудняется.

В зоне функционирования грузопотока диапазон свойств горных пород ограничен. Это позволяет специализировать комплексы оборудования в его пределах.

Сам грузопоток представляет собой совокупность рабочих мест, объединенных технологическим процессом разработки горных пород определенной зоны горного предприятия. Он включает бурение, взрывные работы, погрузку, транспорт и складирование для пустых пород и некондиционных руд и переработку для грузопотока полезного ископаемого.

В отличие от приведенного выше понятия “грузопоток” это понятие по аналогии с открытыми горными работами именовать технологическим потоком.

В этом случае под технологическим потоком понимается совокупность рабочих мест, объединенных технологическим процессом разработки горных пород в определенной зоне рудника. Данное определение созвучно понятию в машиностроении технологический поток, в котором по пути перемещения объекта работы выполняются над ним различные предусмотренные технологией обработки процессы и отдельные операции.

В технологии разработки горных пород на горном предприятии процесс перемещения по значениям и затратам занимает около 70 %. Транспортом грузопотока объединяются все процессы технологии разработки горных пород.

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕООРУЖЕНИИ *

Бондаренко А.А., Гавриленко В.В.

alisha2413@yandex.ru, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук,
Москва, Россия

* Исследования выполняются в рамках базового бюджетного финансирования ИПКОН РАН (№ темы: 0138-2014-0001).

Современная промышленность и информационные технологии достигли достаточного уровня для создания техники с искусственным интеллектом, которые могут выполнять отдельные технологические операции технического обслуживания [1,2]. Особенно актуально техническое перевооружение рудников на базе роботизации технологических операций и внедрение оборудования с элементами искусственного интеллекта, сопряженных с риском техногенных катастроф, производственного травматизма людей, работы персонала в зонах, характеризующимися неблагоприятными экологическими факторами. Практически не имеют альтернативы такие технологии, предусматривающие формирование и разработку техногенных образований, характеризующихся неустойчивой структурой массивов, химически агрессивной средой [3-6].

В настоящее время большинство мировых компаний, занимающихся производством промышленного оборудования и его составляющих, уже начали разработку, выпуск и эксплуатацию горного оборудования с элементами искусственного интеллекта.

Одними из первых реализовавших создание и внедрение роботизированной технологии, являются компании «Volvo Trucks» и «Atlas Copco», выпускающие беспилотное автоматизированное горное оборудование [7-9]. Известно, что «Volvo Trucks» провела серию испытаний автоматизированного самосвала в шахте достигающей более 1300м, запустила подземную работу беспилотных FMX и Volvo HX1 в тестовом режиме, и в 2018 году запустили работу самосвала в рабочем режиме, находящегося в реальных условиях рудниках горнодобывающей компании Voliden. Применение электрического двигателя и системы автоматического управления позволяет произвести горные машины экологически безвредными в части отсутствия прямых выбросов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, экономичными и, в целом, более безопасными для окружающей среды и человека.

Переход от дизельного привода к электрическому роботизированному горному оборудованию обеспечит:

- возможность создания более безопасных условий работы;
- улучшение репутации компании на мировом рынке, благодаря снижению загрязнения воздуха и сокращению эксплуатационных расходов;
- сокращение выбросов в виде продуктов сгорания дизельного топлива;
- минимизацию загрязнения шахтного воздуха и снижения его температуры, за счет сокращения использования ДВС;
- повышение производительности, рабочего фактора среды и условий труда производства для автоматизированных машин и горнорабочих.
- сокращение расходов на вентиляцию.

В целом, систематизация условий технического перевооружения подземных рудников свидетельствует, что горнотранспортная подземная машина основывается на элементах искусственного интеллекта, отвечающих за: способность сканирования и определения рабочей зоны шахты, адаптацию к шахтным маршрутам, возможность непрерывного рабочего цикла, планирование движения и поддержания скоростного режима в зависимости от расположения, автоматическая остановка при возникновении препятствий, дальнейшую оптимизацию, интеграцию и анализ транспортных операций и маршрутов следования в каждом новом рейсе. При этом в ходе технического перевооружения рудника возникает

необходимость выбора особых параметров эксплуатации оборудования - производственных мощностей и напряжения сети, в том числе аккумуляторов, батарей и суперконденсаторов для обеспечения бесперебойной работы роботизированного горного транспорта.

В связи с развитием воспроизводства энергии за счет ВИЭ, рентабельно использование промышленных методов хранения энергии [10]. Система хранения энергии от источников распределенной генерации позволяет сохранять электроэнергию для последующего использования. Два основных компонента системы – это батареи, заряженные постоянным током, и двусторонний инвертор. Варианты зарядки такого оборудования – размещение зарядных станций непосредственно в подземном руднике, где используются техногенные ВИЭ на базе преобразования кинетической энергии потоков рудничных гидросмесей в электрическую [11,12].

Список литературы

1. Радченко Д.Н., Бондаренко А.А. Изучение трендов развития индустрии 4.0 в связи с перспективами горной промышленности // В книге: Комбинированная геотехнология: ресурсосбережение и энергоэффективность. Материалы IX Международной конференции, 2017. -С. 60-63.
2. Rylnikova M., Radchenko D., Klebanov D. Intelligent mining engineering systems in the structure of Industry 4.0. В сборнике: E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium. 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20172101032
3. Шадрюнова И.В. и др. Закономерности формирования технологических свойств хвостов обогащения медно-цинковых руд при их хранении // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2002. -№ 4. -С. 191-195.
4. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Милкин Д.А. и др. Обоснование параметров и режима выщелачивания сырья техногенных образований, сопутствующих разработке медно-колчеданных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2010. -№ 3. -С. 340-350.
5. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. и др. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых // Москва: ИПКОН РАН, 2012. 206 с.
6. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Илимбетов А.Ф. и др. Опытно-промышленная апробация технологии выщелачивания отходов переработки медно-колчеданных руд // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2008. -№ 2. -С. 293-301.
7. Электронный ресурс. Режим доступа <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>. Дата обращения 20.02.2018.
8. Электронный ресурс. Режим доступа <http://www.volvotrucks.com/en-en/about-us/automation.html> /Дата обращения 20.02.2018.
9. Электронный ресурс. Режим доступа <http://www.volvotrucks.ru/ru-ru/trucks/volvo-fmx/specifications.html> /Дата обращения 20.02.2018.
10. Электронный ресурс. Режим доступа <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/9013/74739> /Дата обращения 20.02.2018.
11. Рыльникова М.В., Струков К.И., Олизаренко В.В., Зубков Ар.А. Методика оценки энергетического потенциала вспомогательных потоков гидросмеси на подземных рудниках //Комбинированная геотехнология: ресурсосбережение и эффективность. Труды Международной научно-технической конференции. –Магнитогорск, 2017: Сб. трудов. – Магнитогорск, 2017. С.121-125.
12. Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко. Проблема использования возобновляемых источников энергии в ходе разработки месторождений твердых полезных ископаемых.

АЭРОФОТОСЪЁМКА: ВИДЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА

Величко Д.В.

dmitrii_velichko@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Аэросъёмка является одним из самых эффективных методов получения пространственных данных. Высокое разрешение материалов (до нескольких сантиметров) и качество изображений обеспечивают широкое применение данных аэросъёмки в различных сферах деятельности.

Аэросъёмка позволяет полностью обеспечить исходной информацией необходимого качества процесс создания картографических и ГИС-материалов масштаба 1:500-1:5000. Детальность материалов аэросъёмки может колебаться в интервале от 30 до 3 см, что позволяет обеспечить решение широкого круга задач без выезда на местность. При заказе материалов аэросъёмки в значительных объёмах её стоимость может быть ниже стоимости аналогичных по разрешению космических материалов.

Виды авиационной съёмки:

Активная

Лазерное сканирование

Пассивная

Цифровая фотосъёмка в видимом диапазоне (RGB), кадровая

- Разрешение 3-30 см, точность — 1:500-1:5000

- Создание ортофотопланов, тематических карт ГИС-слоёв, ЦМР, 3D-моделей местности

Цифровая фотосъёмка в ближнем ИК-диапазоне (CIR, IR), кадровая

- Разрешение 10-30 см, точность 1:1000-1:5000

- Создание ортофотопланов, тематических карт, индексов

- Оценка экологического состояния растительности, поиск загрязнений

Цифровая фотосъёмка в тепловом диапазоне (RGB), кадровая

- Разрешение 20-100 см, точность 1:5000-1:10000

- Создание ортофотопланов, тематических карт

- Оценка обводнённости, поиск тепловых аномалий, поиск теплотрасс

Параметры съёмки: разрешение, плотность, спектр

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ			
<i>Знаменатель масштаба</i>	5000	2000	1000	500
<i>Плотность сканирования, точек на 1м²</i>	0,3-0,5	0,5-2	2-6	8-25
<i>Разрешение фотоснимков (RGB), см</i>	20-40	15-20	10-12	6-8
<i>Разрешение фотоснимков (ближний ИК), см</i>	20-40	15-20	10-12	6-8
<i>Разрешение фотоснимков (тепловизор), см</i>	2-6	1,5-4	0,7-1,5	0,5-0,7
<i>Сечение рельефа, м</i>	1 или 2	0,5 или 1	0,5	0,5
<i>Необходимость базовых станций</i>	Нет	Нет	Есть	Есть
<i>Точность в плане, м</i>	2	0,8	0,4	0,2
<i>Точность по высоте, м</i>	0,33-0,66	0,16-0,33	0,16	0,16

Продукты, получаемые на основе данных аэрофотосъёмки:

1. Топографические карты и планы 1:500-1:5000 и мельче
2. Цифровые модели рельефа, соответствующие детальности 1:500-1:5000. Высотная точность — 0,1-0,5м
3. Ортофотопланы с разрешением 5-25 см в видимом и/или ближнем ИК-диапазонах, с разрешением 0,5-2,0 м в тепловом и 0,5-3,0 м в гиперспектральном режимах работы
4. ГИС-слои с общегеографической или тематической нагрузкой в форматах ArcGIS, MapINFO и прочих
5. Профили (продольные, поперечные)
6. Интернет-порталы, основанные на информационном наполнении вышеперечисленными продуктами
7. Базы пространственных данных из ортофотопланов и ЦМР, используемые в качестве источника информации для плано-высотного обоснования более мелкомасштабных работ.
8. Виртуальные модели местности, созданные по данным совмещённых вышеперечисленных продуктов, предназначенные для поддержки принятия решений на различных уровнях управления.

Преимущества аэрофотосъёмки

- Высокое разрешение
- Возможность использовать лазерное сканирование
- Возможность получать высокдетальные тепловые и гиперспектральные изображения (детальность лучше 1 м)
- Возможность получать очень детальные ЦМР с высокой абсолютной точностью даже на залесённых территориях

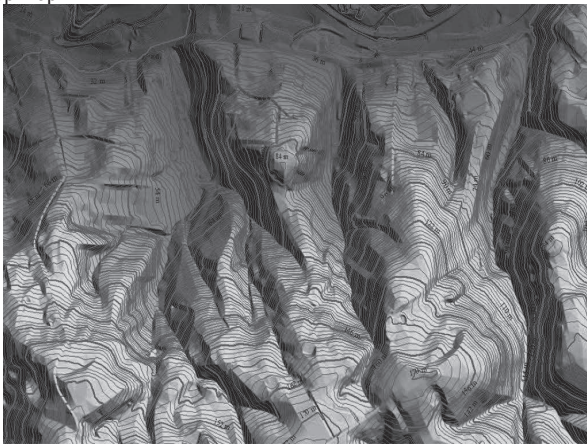


Рисунок 1. Пример цифровой модели рельефа

Литература

1. Материалы по применению аэрофотосъёмки и лазерного сканирования <https://sovzond.ru/services/aerophotography/>
2. Аэросъёмка // Горная энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. Под редакцией Е. А. Козловского. 1984—1991.

ВКЛАД ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА УРАЛА В ФОРМИРОВАНИЕ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ
АЭРОЗОЛЯМИ*

Гавриленко В.В.¹, Гаджиева Л.А.²,
gadzhilu@gmail.com

¹ИПКОН РАН, Москва, Россия
²РУДН, Москва, Россия

* - Исследования выполняются при поддержке Российского научного фонда (грант №14-37-00050)

Современные исследования свидетельствуют, что одной из причин загрязнения окружающей среды являются частицы наноразмерной крупности [1]. Согласно классификации, выдвинутой автором работы [2], к наночастицам относятся ультрадисперсные аэрозоли, размер которых находится в диапазоне 0,001–0,01 мкм. Авторами [3,4] установлены главные причины образования наноразмерных частиц в результате деятельности горнопромышленного комплекса. Так, основными источниками поступления наночастиц в окружающую среду при освоении земных недр являются [3,4]: стволы шахт и рудников, штольни и другие вентиляционные выработки подземных горных предприятий, карьеры, обогатительные и агломерационные фабрики, сортировочные и погрузочные пункты, породные и рудные отвалы, хвостохранилища, угольные и рудные склады, а также процесс перевозки больших масс раздробленной горной и рудной массы до мест их складирования, использования или первичной переработки, - то есть практически вся промышленная инфраструктура горнодобывающих и горно-обогатительных предприятий.

Вместе с тем, основные закономерности образования ультрадисперсных аэрозолей, установлены в либо теоретически, путем анализа механизмов разрушения геоматериалов, либо в лабораторных условиях. В отечественной горной практике до 2017 г. не проводилось исследований по оценке вклада горнопромышленного комплекса в формировании загрязнения воздуха ультрадисперсными аэрозолями непосредственно в регионах функционирования горных предприятий. В работах [5,6] впервые с использованием уникального мобильного оборудования Лаборатории ЭКОН ИПКОН РАН выполнены подобные исследования в регионе Центрального Черноземья (горнопромышленный регион КМА). Ввиду отсутствия достоверных данных о предельно допустимых концентрациях ультрадисперсных аэрозолей в атмосфере горнопромышленных регионов и прилегающих урбанизированных территориях, основные показатели, характеризующие степень загрязнения воздуха наноаэрозолями, могут быть выявлены только на базе сопоставимой оценки содержания ультрадисперсных аэрозолей в районах интенсивной разработки месторождений полезных ископаемых, моногородах в этих зонах, экологически чистых регионах, а также в зонах урбанизации, характеризующихся отсутствием горной промышленности.

Для проведения исследований в Уральском регионе разработана методика, предусматривающая использование оборудования Лаборатории ЭКОН ИПКОН РАН: диффузионного классификатора DISCmini, анемометра цифрового АТТ-1033, а также прибора экологического контроля DT-9881M.

Согласно разработанной методике, измерения выполнялись в условных точках отбора проб воздуха, часть из которых находится в районе промплощадки подземного рудника, промышленной площадки карьера, между промышленной зоной и городом, а также в центральном парке горнопромышленного города, на расстоянии 6000 м от промплощадки рудника. Установлено, что наибольшая средняя концентрация ультрадисперсных аэрозолей в воздухе составляет 19920,3 см³ на промплощадке подземного рудника возле воздуховыдачного ствола.

Определено, что несмотря на самую высокую концентрацию пылевых частиц, показатели содержания ультрадисперсных аэрозолей в воздухе вокруг карьера примерно

одинаковы – в 1,75 раз меньше, чем на промплощадке подземного рудника. Причем, забор более, чем 100 проб по периметру карьера не выявил корреляции между содержанием аэрозолей, направлением и скоростью воздуха.

Наименьшая концентрация установлена на территории промышленного города, которая составляет $4967,17 \text{ см}^{-3}$, что в 4 раза меньше, чем на промплощадке подземного рудника. Соответственно распределяются показатели LDSA. (Lung-deposited surface area LDSA) [5].

За «эталонные» регионы для сравнительной оценки выбраны урбанизированные территории, характеризующиеся отсутствием горнопромышленных предприятий – г. Москва и г. Долгопрудный Московской области. По результатам измерений средняя концентрация ультрадисперсных частиц в Москве в 1,7 раза меньше, чем на промплощадке рудника. В Московской области средняя концентрация таких частиц в 1,7 меньше, чем в зоне непосредственного функционирования горного предприятия. Однако, значения, полученные на территории промышленного города, не превышают показатели г.Москвы и г.Долгопрудный.

Полученные результаты мониторинга позволяют однозначно судить о негативном влиянии горнопромышленных регионов на состояние окружающей среды не только в части твердых крупнотоннажных отходов [7-10], но и в части поступления ультрадисперсных аэрозолей в воздух. Вместе с тем, ареал распространения наночастиц носит локальный характер с формированием зон повышенных концентраций непосредственно в зонах ведения горных работ.

Список источников

1. Gwinn, MR; Vallyathan, V. Nanoparticles: Health effects - Pros and cons // *Environmental Health Perspectives*, 114(12), 2006, pp.1818-1825.
2. Хмелев, В.Н. Ультразвуковая коагуляция аэрозолей: монография // В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, К.В. Шалунова, С.Н. Цыганок, Р.В. Барсуков, А.Н. Сливин; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. 235 с.
3. Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. – М., 2006. – 216с.
4. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Геоэкология освоения недр и экогеотехнологии разработки месторождений// М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015, 360 с.
5. Радченко Д.Н., Гаджиева Л.А., Гавриленко В.В. Мониторинг содержания ультрадисперсных аэрозолей в воздухе горнопромышленного региона // *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*, 2017. -№4.
6. Радченко Д.Н., Гаджиева Л.А., Гавриленко В.В. методика и результаты мониторинга содержания наночастиц в воздухе горнопромышленных регионов // В сборнике: *Актуальные проблемы экологии и природопользования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. РУДН: 2017. -С. 206-211.*
7. *Комплексное освоение недр: перспективы расширения минерально-сырьевой базы России / Под ред. К.Н. Трубецкого, Д.Р. Каплунова, В.А. Чантурия. Москва: ИПКОН РАН, 2009. – 456 с.*
8. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Милкин Д.А. и др. Обоснование параметров и режима выщелачивания сырья техногенных образований, сопутствующих разработке медно-колчеданных месторождений // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*, 2010. -№ 3. -С. 340-350.
9. Шадрунова И.В. и др. Закономерности формирования технологических свойств хвостов обогащения медно-цинковых руд при их хранении // *Горный информационно-аналитический бюллетень*, 2002. -№ 4. -С. 191-195.
10. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Экс В.В. Классификация техногенных георесурсов в свете перспектив комплексного освоения рудных месторождений // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*, 2012. -№ 2. - С. 318-324.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ СОЗДАНИЯ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Галченко Ю.П.
schtrek33@mail.ru

Институт проблем комплексного освоения недр
им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук,
Москва, Россия

Эволюционное преобразование *homo habilis* в *homo sapiens* ознаменовало коренную смену способа усвоения энергии Солнца. Человек, осознавая себя частью природы и стремясь к её сохранению в интересах будущих поколений, по способу получения энергии Солнца является антагонистом природы и может существовать как биологический вид только за счёт её разрушения.

Вещество, извлекаемое из литосферы не только является основой созданной сегодня технократической цивилизации, но и полностью обеспечивает возможности её дальнейшего развития. Поэтому за последние 100 лет при увеличении народонаселения Земли в 4.5 раза годовая добыча вещества из литосферы на каждого жителя планеты возросла более чем в 22 раза, а общая годовая добыча достигла величины, соизмеримой со среднегодовым приростом биомассы всех материковых экосистем. Более половины, а в некоторых отраслях до 90%, извлечённого вещества переходит в твёрдые отходы и складывается на земной поверхности со всеми вытекающими отсюда катастрофическими экологическими последствиями [1]. Очевидно, что такой характер получения и потребления минеральных ресурсов (на основе экстенсивного «проживания») накопленных в ходе эволюции планеты запасов вещества и энергии) всегда будет связан с рядом проблем и неразрешимых противоречий. При подобной форме конфликта между природой и человеком совместное их существование возможно только при реализации принципа равных возможностей для развития техно- и биосферы. Этот принцип определён академиком Н.Н. Моисеевым как «стратегия коэволюции» антагонистических по своему внутреннему содержанию систем [2]. В её рамках невозможно полностью преодолеть глобальное противоречие, но в современных условиях вполне возможно и совершенно необходимо придать ему неразрушительную для живой природы форму путём создания принципиально новых технологий, которые не наносят необратимого ущерба естественной биоте и позволят в перспективе восстановить нарушенный человеком баланс между производством и потреблением природных ресурсов с учётом ограничений экологического императива.

В методологическом плане это означает, что требования по сохранению природной среды при освоении недр надо предъявлять не к отдельным технологическим процессам – они должны быть заложены в основу общей парадигмы построения геотехнологий таким образом, чтобы экологическая безопасность стала неотъемлемым свойством геотехнологии. При этом основные положения такой парадигмы не должны вступать в противоречие с естественными законами функционирования биологических систем, являющихся объектами экологической защиты.

Идея создания подобных технологий в самом общем виде была определена ещё академиком В.И. Вернадским, который впервые обозначил проблему взаимосвязанного развития производства и природы в границах ноосферы. Развивая эти идеи применительно к проблемам формирования минерально-сырьевого базиса нашей цивилизации и опираясь на гипотезу о том, что уровень безопасности техногенных геосистем по отношению к системам биологическим пропорционален степени единообразия основополагающих принципов функционирования обеих систем [3], можно легко адаптировать к этим условиям известное понятие «природоподобные» (конвергентные) технологии [2] и, двигаясь по пути синтеза

таких технологий, обеспечить комплексное освоение земных недр без необратимых экологических последствий.

Выполненный анализ особенностей развития биологических систем показал, что, несмотря на безграничное разнообразие экосистем, их биологическая структура построена по единой схеме и включает в себя одни и те же категории организмов, стереотипно взаимодействующих друг с другом, а принципы функционирования этих систем, с учётом характера взаимодействия и роли основных категорий организмов, можно сформулировать следующим образом: использование ресурсов и избавление от отходов в рамках замкнутого кругооборота элементов; на каждом трофическом уровне воспроизводится только новая биомасса, количество которой обратно пропорционально длине пищевых цепей; однонаправленность эволюции; устойчивость экосистем определяется видами первого трофического уровня; биомасса воспроизводится за счет экологически чистых компонентов абиоты и энергии Солнца.

Применительно к рассматриваемой нами проблеме построения природоподобной геотехнологии разработки месторождений в качестве антагонистов выступают естественная биота Земли и технократическая антропогенная система извлечения сырья и энергоносителей из литосферы. В отличие от традиционной бионики – стремления человека воссоздать процессы, устройства или приборы, которые копируют возможности природы, природоподобные геотехнологии как основа природно-технических систем освоения недр базируются на смысловой трансформации и переносе в техносферу только общих принципов функционирования биологических систем. Поэтому, учитывая антагонистический характер противоречий между техно- и биосферой, методологию решения проблемы целесообразно строить на известных положениях гомеостатики – на поддержании жизненно важных параметров взаимодействующих систем путём управления противоречиями.

Используя такой подход, можно перенести биологическую информацию в техносферу путём поэтапного формирования геотехнологического гомеостата (самоорганизующейся системы) на основе структуры гомеостата биологического с заменой его содержательных элементов на геотехнологические целевые аналоги. Результатом такого регулирования станет построение природоподобной геотехнологии освоения недр, которая за счёт трансформации биогенных принципов функционирования экологически чистых природных систем обеспечит создание технических систем, позволяющих ограничивать внешние экологические воздействия условиями постэксплуатационного самовосстановления фитоценозов естественной биоты [1].

Эти принципы можно сформулировать так: замкнутый цикл обращения твердых, жидких и газообразных отходов; избирательная добыча полезного ископаемого; принцип превентивности при принятии и реализации технологических решений; ограничение уровня техногенного воздействия диапазоном толерантности видов-эдификаторов фитоценоза экосистемы; природоподобная геотехнология должна функционировать только за счёт энергии естественных возобновляемых источников.

Известно, что в биологических системах экологическая чистота достигается при одновременном действии всех обозначенных выше общих принципов. Поэтому при создании природоподобных геотехнологий важно учитывать в них все функциональные биогенные принципы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П.* Геоэкология освоения недр и экогеотехнологии разработки месторождений. М.: Научтехлитиздат, 2015.
2. *Ковальчук М.В.* Конвергенция наук и технологий. Прорыв в будущее // Российские нанотехнологии №1-2, 2011, С. 13-23.
3. *Рыльникова М.В., Галченко Ю.П.* Возобновляемые источники энергии при комплексном освоении недр. М.: ИПКОН РАН, 2015.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ БИЛЛЯХ)

Захаров С.А.¹, Мустафин С.К.²

1 - ecology@alanab.ru; Акционерное общество "Алмазы Анабара", г. Якутск, Россия

2 - sabir.mustafin@yandex.ru; Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рассматриваются россыпи бассейна реки Биллях Анабарского россыпного алмазоносного района Лено-Анабарской алмазоносной субпровинции северо-востока Сибирской платформы.

Субширотная долина реки Биллях протяжённостью 56,5 км., выработана в доломитах анабарской свиты среднего кембрия которым свойственны пористость, кавернозность и развитие малоомощной (в среднем 0,6-0,9 м) коры выветривания.

Долина реки врезана, как правило, на незначительную глубину – 20-30 м. в среднем течении - до 30-40 м, а в нижнем – до 90-100 м. Коэффициент уклона продольного профиля в среднем 0,003-0,004 в приустьевой части и в верховьях возрастает до 0,005-0,008. С учётом геоморфологического строения россыпи и особенностей изменчивости вдоль неё алмазоносности выделено 6 участков.

Алмазоносность аллювия р. Биллях установлена в 1954 г. в результате геолого-съёмочных работ масштаба 1:200 000, была оценена в 1966-1972 гг. Долинная россыпь на протяжении 53 км предварительно разведана в 1987-1989 гг. и по сложности геологического строения отнесена ко II-й группе. Наблюдается корреляция алмазоносности современных россыпей с фрагментами распространения алмазоносных неогеновых долин или покровных отложений этого возраста.

Месторождение расположено в криолитозоне; нижняя граница многолетнемёрзлых пород проходит на глубине 300-400 м., мощность деятельного слоя в середине августа, 0,05-1,5 м.

В пределах промышленного контура россыпи выделяются: современно-верхнечетвертичная, средне-верхнечетвертичная, неоген-нижнечетвертичная части, различающиеся уровнем подошвы продуктивного пласта, литолого-фациальными и геоморфологическим особенностям.

Современно-верхнечетвертичная россыпь имеет сплошной контур балансовых запасов и включает в себя отложения русла, пойм, надпойменных террас и переуглублённой долины.

Средне-верхнечетвертичная россыпь приурочена к образованиям палеодолин, развитых фрагментарно на склонах современной долины. Неоген-нижнечетвертичная россыпь в эрозионно-карстовых депрессиях установлена в верхней части долины реки.

Пески представлены песчано-гравийно-галечно-щебнистыми образованиями с различным содержанием илистого, глинистого и валунно-глыбового материала, валуны доломитов 15-40 см. Валунность песков - 0,1 - 38,4%. Содержание песчано-глинистого материала фракции $0,5\text{ мм}$ составляет 40-60%. Грубообломочный материал представлен доломитами (70-80%), их окремнёнными разностями (8-10%), кремнями (7-17%), реже – галькой известняков, халцедона, кварца, кварцита, песчаников и др. Как попутные компоненты рассматриваются золото и платиноиды.

В 2013 г. из россыпи р. Биллях добыто 1,3 млн. каратов алмазов. Количество окрашенных камней - 42,3 %; преобладают индивиды лилово-коричневой - 17,1 %, серой - 13,3 % и желтой - 7,1 % окраски. Средний вес алмазов 20,5 мг (~ 0,1 карата). Добыто несколько крупных алмазов весом более 50 кар, в том числе "Творец" - самый крупный из найденных в россыпях РФ, размерами 52,4 x 33,0 x 24,4 мм, весом - 298,52 карата; камень

- третий по весу ювелирный алмаз, найденный в Республике Саха (Якутия) выставлен в Алмазном фонде Российской Федерации.

К продуктивному пласту относятся так же маломощные (0,3-1,0 м) переотложенные коры выветривания, представленные доломитовой мукой со значительным (до 31,4%) содержанием глыб.

Торфа россыпи представлены илистыми, суглинистыми или супесчаными отложениями с примесью (первые проценты) грубообломочного материала и визуально легко отличаются от песков.

Суглинки и супеси имеют следующие характеристики: влажность 0,31-0,52; относительная осадка под нагрузкой 0,081-0,301 кг/см²; общее сопротивление сдвигу – 0,10 – 0,25 кг/м².

Инженерно-геологические условия месторождения определяются расположением его в зоне развития многолетнемерзлых пород, мощность которых достигает 300 м, и климатическими условиями территории. Породы находятся в многолетнемерзлом состоянии с устойчивым температурным режимом (-4,8 -6,4 °С). Общая мощность летнего оттаивания пойменных суглинков при мощности непрерывно снимаемых слоёв 15 см равна 5,0 м.

Исходя из метеорологических условий территории Анабарского улуса и производительности участка по добыче и промывке песков, общая продолжительность рабочего сезона принимается равной 335 суток (15 января – 15 декабря). Весь рабочий сезон делится на 5 периодов:

1) Вскрыша торфов, проведение горно-подготовительных работ (ГПР) и строительство гидротехнических сооружений (ГТС), выемка мерзлых песков, транспортировка песков УД (СОФ): 15 января – 31 мая.

2) Подготовительные работы к промывке песков, проведение ГПР и ГТС: 01 июня – 10 июня.

3) Промывка песков на УД, транспортировка «зерна» в ТСС СОФ, проведение ГПР и ГТС, вторичная переработка г/массы: 01 июня – 21 сентября. Продолжительность промсезона - 113 сут.

4) Рекультивация погашенных блоков и объектов ГПР и ГТС: 11 сентября – 30 октября.

5) Зачистка хвостохранилища от шлама: 01 февраля – 30 сентября.

Рекультивации подлежат: отвалы вскрышных пород, которые обратно засыпаются в отработанные блоки; отстойники-хвостохранилища с дамбами; промплощадки; рудные дворы; автоотвалы рыхлых горных пород; эфельные отвалы. Горнотехнический этап рекультивации производится после отнесения площадей к отработанным и включает: 1) выполаживание бортов разрезов и откосов отвалов; 2) отсыпку галечником илистых бортов разрезовподлежащих затоплению для предотвращения размыва пород; 3) нанесение на спланированные поверхности почвенно-растительного слоя или слоя потенциально плодородных пород.

При проведении горно-добычных и геологоразведочных работ, ОАО "Алмазы Анабара" предусматривается проведение различных мероприятий для предотвращения загрязнения водных ресурсов: строительство руслоотводного канала, рациональное использование воды, проведение регулярного контроля за степенью очистки сточных вод, проведение мероприятий по предотвращению загрязнения водоемов нефтепродуктами, проведение обследования гидротехнических сооружений, которые проводятся в полевой документации маркшейдерской и экологической службой.

Комплексная рекультивация нарушенных земель проводится в целях снижения экологических рисков связанных с техногенной трансформацией почвенного покрова и призвана обеспечить: создание земельных ландшафтов зарастания, устранение нарушения гидрогеологического режима местности, очагов эрозионных процессов.

РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННО-НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МГРИ-РГГРУ В ОБЛАСТИ ИНЖИНИРИНГА

Канарский А.В.

kanarskiiav@mgr-rggru.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Создание Инжинирингового центра рационального и экологически безопасного освоения техногенных минеральных образований для разработки методики оценки и геотехнологии техногенных месторождений востребовано временем в связи с принятием в 2016 г. «Стратегии развития минерально-сырьевой базы России до 2030 г.».

Идея его создания заключалась в необходимости выполнения комплексного исследования элементного состава техногенных минеральных образований районов интенсивной разработки месторождений для обеспечения полного извлечения из руд ценных попутных компонентов, в том числе редкоземельных элементов и драгоценных металлов, а также проектирования целенаправленно формируемых техногенных объектов на разрабатываемых комплексных месторождениях.

Проект развития Инжинирингового центра на базе МГРИ-РГГРУ в конце 2016 г. стал победителем открытого публичного конкурса на предоставление государственной поддержки пилотных проектов создания и развития инжиниринговых центров на базе образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России (V очередь), во исполнение поручения Правительства РФ от 23.05.2013 №ДМ-П8-3464 в рамках реализации Плана мероприятий («дорожная карта») в области инжиниринга и промышленного дизайна, утвержденного распоряжением Правительства РФ от 23.07.2013 №1300-р и Государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», утверждённой постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 №328.

Государственную поддержку проектам создания и развития инжиниринговых центров на базе образовательных организаций высшего образования обеспечивают Минобрнауки России и Минпромторг России.

5 июня 2017 г. подписан приказ Ректора МГРИ-РГГРУ о создании на базе Университета Инжинирингового центра рационального и экологически безопасного освоения комплексных техногенных минеральных образований.

Реализация мер, направленных на развитие и воспроизводство минерально-сырьевой базы, путём экспресс-оценки и подготовки к эксплуатации техногенных месторождений, проведения независимой экспертизы проектов в направлениях, связанных с разведкой и разработкой техногенных месторождений твёрдых полезных ископаемых положена в основу программы по созданию Инжинирингового центра.

Целью создания Инжинирингового центра являлось рациональное, экологически безопасное и комплексное освоение природных и техногенных минеральных образований посредством развития наилучших доступных технологий и продвижения инновационных научно-исследовательских разработок, способствующих импортозамещению.

Деятельность центра направлена на изучение техногенных минеральных образований, разработку инновационных технологий рационального и комплексного их освоения, снижение уровня загрязнения окружающей среды и подготовку специалистов в данной области.

Инжиниринговый центр предоставляет комплексные услуги, обеспечивающие качественные и эффективные решения геологических, технологических, экономических и проектных задач, а именно:

1. Составление проектов на проведение геологоразведочных работ и их геолого-методическое сопровождение;
2. Выполнение геолого-экономической оценки ресурсов и запасов полезных ископаемых, разработка ТЭО кондиций и отчетов с подсчетом запасов;

3. Выполнение экспертной оценки проектов и отчетов по разведке и освоению месторождений;

4. Минералого-технологическое изучение вещественного состава природного и техногенного минерального сырья;

5. Исследование обогатимости руд и техногенных образований различными методами, в т.ч.:

- оценка возможности использования предварительного обогащения;

- проектирование схем рудоподготовки на строящихся обогатительных фабриках и оптимизация работы дробильно-измельчительного оборудования на действующих предприятиях;

- разработка комбинированных схем обогащения минерального сырья (флотация, гравитация, магнитная и электрическая сепарация и др. методы переработки), а также выполнение технологического аудита действующих обогатительных фабрик с целью оптимизации схемы обогащения;

- исследования по сгущаемости и фильтрации, а также определение параметров и разработка технологии полусухого складирования хвостов обогатительных фабрик;

- разработка технологии извлечения ценных компонентов из руд, концентратов, промежуточных продуктов и отходов различных производств гидromеталлургическими методами, в т.ч. с использованием методов бактериального окисления;

6. Разработка решений по утилизации отходов;

7. Предоставление услуг по проектированию, внедрению и обеспечению работы мобильных установок для проведения геологоразведочных работ и переработки техногенных минеральных образований;

8. Разработка технологических регламентов с исходными данными для проектирования;

9. Технологическое сопровождение проектирования.

Целесообразность комплексного освоения техногенных минеральных образований обусловлена рядом экономических, экологических и социальных факторов, свойственных районам добычи твёрдых полезных ископаемых.

Центр состоит из двух лабораторий, лаборатории обогащения минерального и техногенного сырья и лаборатории гидromеталлургических процессов и оснащен уникальным и современным оборудованием, которое позволяет добиваться великолепных результатов в области переработки сырья.

Лаборатория обогащения минерального и техногенного сырья является базовым подразделением Инжинирингового центра. В ее задачи входит разработка технологических процессов флотационного и гравитационного обогащения руд, магнитной и электростатической их сепарации, сгущения и фильтрации продуктов переработки и ряда других технологических процессов.

Лаборатория гидromеталлургических процессов занимается разработкой технологий комплексной переработки руд с использованием процессов выщелачивания, сорбции и термообработки, в том числе полезные компоненты извлекаются с помощью бактерий или их метаболитов.

Обе лаборатории разделены на семь отдельных участков: участок пробоподготовки, участок рудоподготовки, участки флотационных методов обогащения, участок гравитационных методов обогащения, участок магнитных и специальных методов обогащения, участок вспомогательных процессов, участок гидromеталлургии и бактериального окисления.

Сотрудниками центра являются высококвалифицированные специалисты, имеющие опыт работ, как в научной деятельности, так и на производстве.

ЗАКЛАДКА ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА НА РУДНИКЕ БКПРУ-1 ОАО «УРАЛКАЛИЙ» В РАЙОНЕ АВАРИИ

Кологривко А.А.

upnkvk@bntu.by, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Рудник БКПРУ-1 ОАО «Уралкалий» разрабатывал Березниковский участок Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей подземным способом. В районе аварии, приведшей к затоплению рудника, производилась совместная отработка пластов АБ и Кр II с глубинами залегания соответственно 275-280 и 270-340 м. Потолочина между пластами составляла 6-7 м, мощность водозащитной толщи (ВЗТ) – 120-130 м.

Геологической службой рудника 17.10.2006 был произведен замер притока рассолов в рассолосборник, который ориентировочно составил более 250 м³ в час. Приток рассолов в рассолосборник 27.10.2006 возрос с 280 м³ до более 600 м³ (на 08 часов 28.10.2006). Генотип этих рассолов – закладочные с примесью рассолов надсолевого горизонта. Дебит притока был не известен. Производительность откачки 600-650 м³ в час. Насосы начали не справляться с притоком, их приходилось передвигать на более высокие отметки. На 08 час. 45 мин. 28.10.2006 приток возрос до 800 м³ в час. На 10 час. 30 мин. приток превысил 1250 м³ в час. Работы по откачке рассолов были прекращены. Все работающие были выведены из шахты. Процесс затопления рудника стал неуправляемым.

Над местом аварии в районе геологоразведочной скважины №17 (район промплощадки) образовалась воронка на земной поверхности, после чего – провал земной поверхности, который был заполнен водой. Размеры провала составили около 300×300 м.

Охранный целик вокруг скважины располагался между отработанным и заложённым пространством 4 и 5 западных панелей (ЗП). На руднике применялся гидравлический (основной способ закладки на 4 и 5 ЗП) и механический способы закладки. Значительная часть шахтного поля рудника расположена под многоэтажной городской застройкой и промышленными объектами г. Березники. Велась сухая закладка пустот, образовавшихся в результате отработки карналлитового пласта В для обеспечения сохранности ВЗТ и производилось складирование глинисто-солевых шламов в камерах большого сечения, пройденных в подстилающей каменной соли.

На момент закладки выработанного пространства действовала Инструкция по защите рудников от затопления и охране объектов на земной поверхности от вредного влияния подземных горных разработок в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей (Согласовано Госгортехнадзором РФ 28.12.1994 № 65. СПб., 1994. 109 с.).

На момент отработки участков действовали Указания по охране сооружений от вредного влияния подземных горных разработок в условиях Верхнекамского калийного месторождения и по охране калийных рудников от затопления (Согласовано Комитетом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору РСФСР, Пермь, 1960. 16 с.) и Указания по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в условиях Верхнекамского калийного месторождения и по охране калийных рудников от затопления (Согласовано Госгортехнадзором СССР 06.06.1972, Москва, 1972. 40 с.).

В соответствии с §14 Указаний 1960 г. «Карналлитовые камеры по всей площади и на 3/4 высоты подлежат обязательной закладке. Материалом закладки может служить порода, получаемая при сортировке и при проходке капитальных и подготовительных выработок, а также отходы химической фабрики. Отставание закладки не должно превышать одного года. Допущенное до 1960 года на Соликамском калийном руднике отставание закладочных работ, превышающее установленные нормы, подлежит ликвидации по специальному проекту, согласованному с управлением округа Госгортехнадзора РСФСР и утвержденному Пермским совнархозом.»

В соответствии с пунктами 5.12-5.14 Указаний 1972 г. «Карналлитовые камеры по всей их площади не менее чем на ¾ высоты подлежат обязательной закладке. Материалом

закладки могут служить отходы обогатительных фабрик с влажностью не более 8 %, а также порода, получаемая при сортировке и при проходке горноподготовительных выработок. В местах вывалов (куполов) выше пласта соли «ВГ» закладка должна производиться до кровли камер из расчета перекрытия основания купола закладочным материалом при производстве закладочных работ.

Время отставания закладки камер по карналлитовому пласту от очистных работ не должно превышать одного года.

Отставание закладки камер по карналлитовому пласту от очистных работ более чем на один год допускается как исключение лишь в отдельных случаях по рекомендации ВНИИГ с разрешения органов Госгортехнадзора СССР, получаемого в установленном порядке.»

Отметим, что предельно допустимы сроки отставания закладочных работ не имели однозначной и четкой трактовки по силвинитовым пластам АБ и Кр II.

Представленные выше частичные данные анализа закладки выработанного пространства на руднике БКПРУ-1 ОАО «Уралкалий» в районе аварии, приведшей к затоплению рудника, изучение эффективности закладки, позволяет представить следующие выводы.

1. Степень изученности геологического строения массива в районе аварии с учетом действующих на момент ведения очистных работ нормативных документов была достаточной для принятия технических решений, обеспечивающих безопасное ведение горных, в том числе закладочных работ при обычных условиях.

2. Выбранные параметры системы разработки – камер, междукамерных целиков, по известным в то время данным, обеспечивали сохранность ВЗТ в соответствии с нормативными документами, которые соответствовали уровню знаний, практическому опыту разработки месторождения, применяемым технологии и механизации ведения горных работ.

3. На аварийном участке отставание закладочных работ от очистных составляло более 15 лет. Вместе с тем, предельно допустимые сроки отставания закладочных работ не имеют однозначной и четкой трактовки в действующих на момент ведения очистных работ нормативных документах.

4. Закладочные работы на аварийном участке являлись единственной эффективной мерой защиты зданий и сооружений, как самого рудоуправления, так и других объектов на поверхности и единственной эффективной мерой для уменьшения оседания земной поверхности.

Технология ведения закладочных работ соответствовала горно-геологическим и горнотехническим условиям участка при обычных условиях.

Допускалось изменение проектных решений по отдельным узлам (участкам горных выработок) без согласования с генпроектировщиком в зависимости от фактического горно-геологического положения пластов и состояния существующих горных выработок на период строительства, при условии сохранения общих проектных решений.

Закладочные работы велись уже в условиях возникновения предаварийной ситуации, что не позволило достигнуть максимально возможной эффективности их воздействия на уже деформированные слои ВЗТ.

5. На момент аварии выделялись ряд участков шахтного поля, где процесс сдвижения массива протекал более активно, что вызвало необходимость первоочередного ведения закладочных работ на этих участках. Два участка были отнесены к потенциально опасным.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Кузьмин М.Б.¹, Красавин А.Г.¹, Рыжова Л.П.²

¹kafedra520@mail.ru, ИПКОН РАН РФ, г. Москва, Россия

²МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Чтобы двигаться в фарватере мировых экономик, необходимо тщательным образом изучать рынок инноваций, подразумевая детальный анализ и оценку развития наукоемких технологий и техники современных индустрий: ВПК, аэрокосмических и телекоммуникационных систем, связи и т.д. При этом надо обращать особое внимание на ключевые моменты научно-технического задела, систему убеждений, расширяющих горизонты для будущих времен.

Вот почему современный период освоения рудно-металлических месторождений, где стратегическим сырьем для современных индустрий являются редкие и редкоземельные металлы, без которых немисливо развитие техники и технологий 5-го и 6-го поколений, является важным.

Расширение применения редкоземельных металлов обеспечивает прогресс во многих сферах промышленности, так как способствует созданию принципиально новых технологий, материалов, приборов, технических средств. Рост объемов потребления многих редкоземельных металлов составляет сейчас 10-15% в год. Наиболее востребованы: неодим, европий, церий, лантан, скандий и др. Следует отметить, что уникальные свойства скандия вызывают интерес во многих отраслях промышленности, и прежде всего, в ВПК. В частности, добавки скандия в алюминиевые сплавы до 0,3% увеличивают их прочность в 3 раза, и они становятся способными к свариванию, улучшаются коррозионная стойкость, ковкость почти в 2 раза, увеличивается область рабочих температур. Суперсплав алюминий с 2% скандия внедряется в современную авиационную и космическую технику. Цена на ScO₃ (99,5%) составляет ≈ 3 тыс. \$ за кг. Минерально-сырьевая база (МСБ) редкоземельных металлов (около 77,5%) сосредоточена в недрах всего трех стран: Китая, России и США [1].

Значимость и перспективы геолого-промышленного подхода к освоению рудно-металлических месторождений заложены в геолого-информационных системах (ГИАС) и геометризации недр, которые учитывают условия формирования моделей ситуаций на международной арене, детально характеризующих развитие современных технологий и техники в конкретные периоды жизненных циклов промышленных производств. Все это позволяет синхронизировать временные лаги закономерностей использования природного Атласа недр и планирования целей добычи. На этой основе геолого-технологическое картирование требует выполнения оценки организации и формирования комбинаторно-эффективного использования сортамента руд и видов металлов для предпринимательской деятельности горно-геологических производств, удовлетворяющих кластерные связи коммерциализаций с векторами развития современных индустрий.

Таким образом, оценка ситуаций для деятельности горно-геологических производств связана с глобализацией экономических пространств, отвечающей за гибкость и динамичность кластерных связей, требующих количественного выражения индивидуальной сортности и видов металлов. Такие подходы являются началом нового этапа развития стратегий управления минерально-сырьевым потенциалом, позволяющих не только планировать промышленные производства, но и определять всю совокупность особой роли и значимости сортамента руд и видов металлов для современных индустрий.

Успешность коммерческой деятельности зависит от организации схем применения и использования самоходного технологического оборудования в прогрессивных системах разработки с торцовым выпуском руды.

Приоткрывая завесу латентности горизонтов научно-технической мысли в сфере модернизации промышленности передовых стран мирового сообщества, мы определим мыслеформы, с которыми нам придется сотрудничать или соперничать.

В конечном счете, модернизация технологических схем горно-геологического производства в России с применением и использованием самоходного оборудования, будет новым инструментом гибкого развития минерально-сырьевого потенциала, учитывающего динамику движения запасов, сортности и видов металлов.

Все это должно быть согласовано с геолого-информационными аналитическими системами (ГИАС) и геометризацией информационных полей руднометаллических месторождений. Они позволяют модернизировать наукоемкие технологии и технику, соответствующих требованиям научно-технического прогресса [2].

Литература

1. Быховской Л.З., Потанин С.Д., Котельников Е.И., Ануфриева С.И., Архангельская В.В., Игrevская Л.В., Лихникевич Е.Г., Спорыхина Л.В. Редкоземельное и скандиевое сырье России. // Минеральное сырье. ВИМС. -31.2016.
2. Кузьмин М.Б., Красавин А.Г., Рыжова Л.П. Усова Т.Ю. Цели и тенденции развития инновационных технологий добычи многокомпонентных руд. // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Под редакцией академика К.Н.Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН. – 2016. – С. 201-204.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ ЗАКЛАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ*

Лавенков В.С.

lavenkov_vs@ipkon.ru, ИПКОН РАН, Москва, Россия

Ввиду высоких затрат на строительство и эксплуатацию капиталоемких закладочных комплексов, на месторождениях руд низкой и средней ценности, а также на малых месторождениях применение систем подземной разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства экономически нецелесообразно. Поэтому такие месторождения не вовлекаются в промышленную эксплуатацию. Для их эффективного освоения в ИПКОН РАН разработана альтернативная технология приготовления закладочной смеси на передвижных закладочных комплексах [1–3]. При этом впервые становится актуальным применение станций подземной сепарации, так как отходы сепарации направляются сразу на подземный закладочный комплекс, а на поверхность выдается только предконцентрат. Это позволяет соразмерно сократить объем складываемых на поверхности отходов горного производства с высоким экологическим эффектом [4]. Применение нового оборудования требует обоснования путей технического перевооружения подземного рудника.

Техническое перевооружение рудника с использованием нового оборудования и, соответственно, реализацию технологий на его основе необходимо производить комплексно с учетом сложного характера взаимодействия между внедряемыми процессами и другими подсистемами рудника. Известно, что показатели производственных процессов, связанных с образованием и движениями минерально-сырьевых потоков [5,6], имеют стохастическую природу и требуют учета временных лагов [7] – временных задержек между производственными ситуациями и следствиями их возникновения. При этом предлагаемое решение, включающее сепарацию и утилизацию отходов сепарации в составе закладочной смеси, по сути, является частью нового производственного цикла (рис. 1а). По сути, неоднородности в звеньях такой цепи должны приводить к «эффекту эха», что определяет имитационное моделирование наиболее подходящим инструментом для анализа. Для исследования такой горнотехнической системы применено многопроходное имитационное моделирование в среде AnyLogic [8,9], комбинирующее агентные модели, дискретно-событийное моделирование и системную динамику.

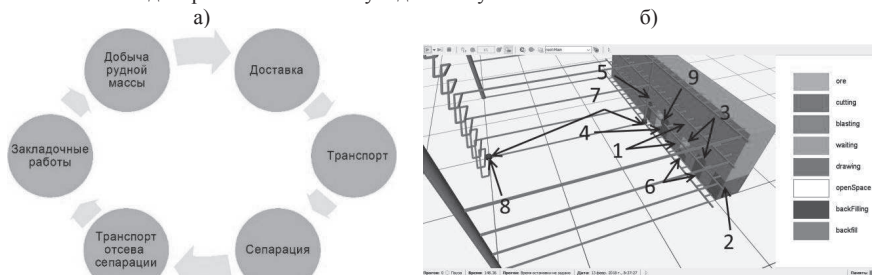


Рисунок 1 – Моделируемый производственный цикл (а) и презентация прогона модели (б): 1 – камера в состоянии рудная масса; 2 – камера в состоянии нарезки; 3 – камера в состоянии выпуска; 4 – камеры в состоянии закладочных работ; 5 – рудоспуск; 6 – агенты «ПДМ»; 7 – агенты «автосамосвал»; 8 – место расположения станции сепарации; 9 – подземный передвижной закладочный комплекс

В модель включены следующие самостоятельные агенты [10]: подземные передвижные закладочные комплексы, станции внутрирудничной сепарации, камеры, горизонтальные и

* Исследования выполняются в рамках базового бюджетного финансирования ИПКОН РАН (№ темы: 0138-2014-0001).

наклонные горные выработки, рудоспуск, стволы и горнотранспортное оборудование. Прототипом осваиваемого месторождения являлось месторождение медно-колчеданных руд, разработка которого ведется этажно-камерной системой с закладкой твердеющими смесями (рис.16). В ходе моделирования установлены зависимости эффективности производства закладочной смеси в зависимости от доступных объемов наполнителя – пород от проходки горных выработок и отходов внутрирудничной сепарации. Например, в случае, когда в работе находятся одна станция внутрирудничной сепарации и более одного передвижного закладочного комплекса существует риск возникновения простоев одного из них, что отражается на нормальном цикле очистных работ. В этой связи при моделировании определяется состав технологической схемы рудника и рациональная логистическая система доставки наполнителя закладочной смеси до каждого конкретного передвижного комплекса.

Одной из задач проектирования при техническом перевооружении рудника является обоснование числа и производительности передвижных закладочных комплексов. Решение таких проектных задач наиболее эффективно на базе имитационного моделирования, а обоснование эффективности применения передвижных закладочных комплексов совместно со станциями подземной сепарации руд позволяет оценить их производственные возможности, а также сложные системные эффекты, возникающие при их совместном использовании.

Список использованных источников:

1. Каплунов Д.Р. et al. Инновационные технологии ликвидации пустот с применением передвижных закладочных комплексов // Маркшейдерский вестник. М., 2011. № 6. Р. 5–9.
2. Трубецкой К.Н. et al. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых / ed. Трубецкого К.Н. М.: ИПКОН РАН, 2012. 206 р.
3. Радченко Д.Н., Корнеев Ю.В., Лавенков В.С. Оценка эффективности работы передвижных закладочных комплексов в подземных условиях // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. Выпуск 1. Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 10. Р. 150–163.
4. Радченко Д.Н. et al. Совместная утилизация отходов обогащения при комплексном освоении месторождений многокомпонентных руд // Горный журнал. 2016. № 12. Р. 87–93.
5. Каплунов Д.Р. et al. Управление минерально-сырьевыми потоками в полном цикле комплексного освоения рудных месторождений // В сборнике: Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды Труды конференции с участием иностранных ученых. Новосибирск, 2010. 5-8 р.
6. Трубецкой К.Н. Комплексное освоение недр: перспективы расширения минерально-сырьевой базы России / ed. Трубецкого К.Н., Чантурия В.А., Каплунова Д.Р. М.: ИПКОН РАН, 2009. 456 р.
7. Астахов А.С. Динамические методы оценки эффективности горного производства. М.: Недра, 1973. 272 р.
8. Григорьев И. Anylogic за три дня: практическое пособие по имитационному моделированию. 2016. 202 р.
9. Радченко Д.Н., Лавенков В.С. Создание и апробация имитационной модели экологически сбалансированного цикла комплексного освоения рудного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № S36. Р. 3–25.
10. Карпов Ю.Г. Моделирование агентов – новая парадигма в имитационном моделировании // Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Санкт-Петербург.

ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ.

К.С.Мальский, А.В.Пименова

sabbat@mail.ru, alyono4ka27@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Большинство рудных месторождений полезных ископаемых не имеют четко обозначенных границ, и при добыче руды открытым способом за контуром карьеров остаются залежи, разработка которых на определенном этапе считается не рентабельной, как правило, из-за небольших размеров или низкого содержанием полезного компонента. С развитием карьеров запасы, залегающие в благоприятных для добычи условиях, истощаются, и становится целесообразным вовлекать в отработку руды с более низким содержанием металла, чему так же способствует постоянное совершенствование технологии извлечения и переработки более бедных руд. При этих условиях ряд рудных залежей, находящихся за бортами карьера, становится перспективным к извлечению.

Активное ведение горных работ связано с формированием динамических систем сил, изменяющихся во времени настолько быстро, что вызывает необходимость учитывать силы инерции на поверхностях горных выработок, в результате действия которых значения первоначально сложившихся напряжений изменяются как по величине, так и по направлению. При этом перераспределение напряжений носит неравномерный характер и отличается наличием зон повешенных и пониженных сжимающих напряжений, а так же, в ряде случаев, возникновением зон растягивающих напряжений.

Динамические нагрузки, действующие на горные выработки, формируются упругими волнами, возникающими в процессе ведения работ, вызывающих колебания горного массива, а изменение их параметров зависит от горно-геологических условий на маршрутах распространения.

Особенностью модели распространения упругих волн, возникающих при ведении взрывных работ в карьере, является расположение взрывааемых блоков по отношению к горным выработкам, используемым для отработки прибортовых запасов. Взрывааемые блоки могут располагаться в горизонтальных плоскостях, находящихся выше, на уровне или ниже портала штольни, и подземных выработок. При этом упругие волны распространяются по всей сферической поверхности карьера и достигают подземных горных выработок, проходя различные расстояния. Каждый из маршрутов упругих волн, распространяющихся по горному массиву, находится в различных горно-геологических условиях, влияющих на скорость прохождения затухания упругой волны.

На рисунке представлена модель распространения упругих волн, возникающих при проведении взрывных работ в карьере, по его бортам и по дну.

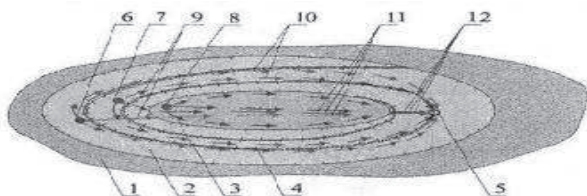


Рис.1 Модель распространения упругих волн, возникающих при проведении массовых взрывов в карьере

1–поверхность карьера; 2–борт карьера; 3–дно карьера; 4–дорога движения карьерного транспорта; 5–портал штольни, вскрывающий рудные залежи в прибортовом массиве карьера; 6 – взрывааемый блок, находящийся на горизонте выше портала штольни; 7 – взрывааемый блок, находящийся на горизонте портала штольни; 8 – взрывааемый блок, находящийся на горизонте ниже портала штольни; 9 – маршрут движения упругих волн от

места взрыва до дна карьера; 10 – маршрут движения упругих волн по бортам карьера от места взрыва до портала штольни; 11 – маршрут движения упругих волн по дну карьера; 12 – маршрут движения упругих волн от дна карьера до портала штольни.

Проведение взрывных работ в карьере, также сопровождается возникновением упругих колебаний, распространяющихся и затухающих по мере удаления от места формирования. Упругие колебания вызывают импульсные, динамические нагрузки, приводящие к вибрации обнаженных поверхностей карьера. Известно, что параметры вибрации являются одним из основных критериев оценки степени проявления динамических нагрузок.

Существующая виброизмерительная аппаратура позволяет измерять основные параметры вибрации в условиях действующего рудника и сравнивать их величины с установленными контрольными нормативными значениями. Вместе с тем существует потребность в прогнозных расчетах параметров вибрации обнаженных поверхностей массива, при планировании проведения мощных массовых взрывов с целью прогнозирования и предотвращения нарушений устойчивости горных выработок.

Для этих целей автором разработана эмпирическая формула, позволяющая рассчитать скорость вибрации обнаженных поверхностей в зависимости от параметров взрыва, расстояния от него до исследуемого участка и свойств горного массива.

$$U_{гп} = U_{дет} * K_{сейсм} * \sqrt[3]{\frac{K_{зап} * Q}{l_{ср.прив}}}$$

где $U_{гп}$ – скорость смещения частиц грунта на исследуемом обнаженном участке карьера, м/с;

$K_{сейсм}$ – коэффициент учёта сейсмических свойств горных пород. Определяется обратной формулой, используя измеренное значение $U_{гп}$;

$U_{дет}$ – скорость детонации ВВ, м/с;

$K_{зап}$ – коэффициент заполнения скважины;

Q – объём ВВ в скважине, м³;

$l_{ср.прив}$ – среднеприведённое расстояние проходимое упругими волнами от места взрыва до исследуемого участка в карьере, м.

$$l_{ср.прив} = \frac{\sum_{n=1}^n l_n}{n}$$

Список используемой литературы:

1. Мальский К.С. Обоснование целесообразности отработки прибортовых запасов карьеров. // Маркшейдерия и недропользование. 2010 - №С7-8.
2. Мальский К.С. Методические основы исследования геодинамических процессов на участках горного массива с применением виброизмерительной аппаратуры. //Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012-№10-С.256-259.
3. Мальский К.С. Особенности формирования нагрузок, воздействующих на горные выработки при разработке подземным способом рудных залежей, оставшихся за пределами карьера. / Трубецкой К.Н., Титов Л.М., Мальский К.С.//Тез.докл.Х Международной конференции «Новые идеи в науках о земле», М: РГГРУ, 2011-345.с
4. Мальский К.С. Оценка качества информации о вибрации бортов карьера при проведении массовых взрывов/ Трубецкой К.Н., Мальский К.С.// Тез.докл. VII Международной научно-практической конференции «Наука и новейшие технологии при поисках разведки и разработки полезных ископаемых», М: РГГРУ, 2012-242с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ ПО ФАКТОРУ ВЗРЫВЧАТОСТИ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОЛЧЕДАНЫХ РУД*

Митишова Н.А.

notka_93@mail.ru, ИПКОН РАН, Москва, Россия

* - исследование выполняется при поддержке гранта РНФ № 14-37-00050

Условия эффективного развития минерально-сырьевой базы России с учетом изменения горно-геологических, горнотехнических и природно-экономических факторов освоения месторождений природного и техногенного минерального сырья связаны с усилением роли исследований в области промышленной и экологической безопасности горных работ [1, 2].

Безопасность жизнедеятельности человека в производственной среде связана с опасностью и возникновением несчастных случаев, заболеваний и производственного травматизма. Практически любой производственный процесс в большей или меньшей степени связан с риском для здоровья трудящихся. Именно поэтому любое предприятие обязано обезопасить своих сотрудников. Обеспечение безопасности ведения горных работ всегда должно являться первостепенной задачей руководства. На горных предприятиях, разрабатывающих месторождения колчеданных руд, одним из основных факторов опасности является взрыв сульфидной пыли.

В нашей стране и за рубежом было выполнено большое количество научно-исследовательских работ в области пылевзрывобезопасности. Основной задачей работ было исследование причин возникновения взрывов пыли на медных рудниках и разработка рекомендаций по борьбе с ними, которые сводились к применению орошения, внутренней забойки шпуров и запрещению взрывания открытых зарядов ВВ.

Наиболее важные исследования в области изучения взрывов сульфидной пыли были выполнены Э.И. Чернявским, В.А. Захаровым, А.С. Алешиним, В.Н. Бекчиу, Н.С. Бахаревичем, а также в Магнитогорском горно-металлургическом институте под руководством проф. В.М. Огиевского. Значительный вклад в изучение данного вопроса также внесли В.И. Смирнов, В.А. Ярцин, В.Н. Рыжков, Л.М. Ягнышева, В.Я. Манаков, Г.П. Парамановым и др.

Выполненные институтом УНИПРОМЕДЬ исследовательские работы по обеспечению условий предотвращения взрывов сульфидной пыли и определению мероприятий, обеспечивающих безопасность ведения работ, решили вопрос по фактору безопасной отработки медноколчеданных месторождений Урала. Однако, в том числе, отсутствие законодательной нормативной документации по борьбе со взрывами сульфидной пыли привело к тому, что условия возникновения данных аварий на рудниках России возобновилось. Так воспламенение сульфидной пыли произошло летом 2017 г. на подземном руднике Сибайского филиала “Учалинского ГОКа” приведшее к летальному исходу. Учитывая результаты расследования группового несчастного случая, Ростехнадзор установил, что действующие нормативные документы в области промышленной безопасности для объектов горнодобывающей промышленности устарели и не содержат конкретных требований и указаний по ведению подземных горных работ на месторождениях опасных по взрывам и возгораниям сульфидной серосодержащей пыли, содержащейся в массивах добываемых руд и горных пород.

Обобщение аварий, связанных со взрывами сульфидной пыли на рудниках позволило сделать следующие выводы:

— число взрывов сульфидной пыли с нанесением ущерба различной степени тяжести здоровью работающего персонала и жертвами достаточно велико;

— ежегодное число взрывов, взятое за большой промежуток времени, близко к постоянному;

— тяжесть последствий взрывов остается практически постоянной и не снижается в динамике [3].

Все это подчеркивает актуальность профилактики взрывов сульфидной пыли на колчеданных рудниках и указывает на необходимость проведения исследований по установлению основных особенностей возникновения и распространения взрывов для разработки комплекса научно-обоснованных мероприятий по их предотвращению.

В ИПКОН РАН изучены статистические данные о взрывах сульфидной пыли на колчеданных, антимонитовых и полиметаллических рудниках России и СНГ.

При этом установлено:

— с увеличением глубины горных работ увеличивается содержание серы в отрабатываемых рудах;

— возрастает число рудников, разрабатывающих руды, опасные по взрыву сульфидной пыли;

— применение более прогрессивных систем разработки и современной технологий очистных и горнопроходческих работ связано с неизбежным увеличением в динамике скорости проведения подготовительных выработок и увеличением объема буровзрывных работ, вследствие чего возрастает потенциальная опасность взрывов сульфидной пыли.

Для обеспечения условий безопасного ведения горных работ и создания благоприятной среды обитания человека в горнотехнических системах при комплексном освоении недр [4], необходимо проведение комплексных исследований по:

- разработке мер, направленных на улучшение состояния промышленной безопасности и проведению инструментальных наблюдений за процессами образования и воспламенения сульфидного облака;

- определению механизмов и условий возникновения взрыва, мер по предотвращению взрывов сульфидной пыли, по локализации и устранению последствий взрыва, разработке технологических способов снижения вероятности взрывов сульфидной пыли;

- созданию роботизированных геотехнологий, исключающих присутствие человека в опасных зонах ведения горных работ [5], характеризующихся рисками взрывов сульфидной пыли, направленных на улучшение среды обитания человека.

Для проведения научных исследований лаборатории ИПКОН РАН [6] оснащены и доукомплектовываются современным, соответствующим мировому опыту измерительным и исследовательским оборудованием.

Кооперация специалистов горных предприятий, разрабатывающих сульфидные месторождения, и результатов научных исследований ИПКОН РАН способствует совершенствованию методов проектирования, разработке норм и правил в области промышленной и экологической безопасности по предупреждению взрывов сульфидной пыли на подземных рудниках для предотвращения возникновения аварийных ситуаций.

Список литературы:

1. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. – М.: ИПКОН РАН, 2012. – 206 с.

2. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Милкин Д.А и др. Обоснование параметров и режима выщелачивания сырья техногенных образований, сопутствующих разработке медно-колчеданных месторождений // ГИАБ, 2010. - № 3. – С. 340-350.

3. Параманов Г.П. Физические основы предотвращения взрывов сульфидной пыли на колчеданных рудниках: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург 1999. 282 с.

4. Комплексное освоение недр: Перспективы расширения минерально-сырьевой базы России. –М.: ИПКОН РАН, 2009. – 456 с.

5. Rylnikova M., Radchenko D., Klebanov D. Intelligent mining engineering systems in the structure of industry 4.0 // В сборнике: E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium. 2017. Pp1-7. DOI: 10.1051/e3sconf/20172101032

6. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Создание в России научного центра по изучению экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал, 2014. -№ 12. -С. 4-7.

РОССЫПНАЯ ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ЮЖНОГО УРАЛА: ГЕОЛОГИЯ И ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА

Мустафин С.К.

sabir.mustafin@yandex.ru, Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Продолжительный мезо-кайнозойский этап континентального развития Уральского региона (провинции), процессы глубокого выветривания и выравнивания рельефа обусловили формирование разнообразных по возрасту и генетическим параметрам типов россыпей. Наряду с повсеместно развитыми Q россыпями известны месторождения N, □, K, J. Основу сырьевой базы составляют мелкозалегающие россыпи малых и средних долин. По мере их отработки возрастает значение россыпей толщ повышенной мощности (до 50-60 м и более) и техногенных.

На Урале выделяется множество золотоносных зон, изученных с различной степенью детальности, в которых россыпи приурочены к долинам современной и погребенной гидросети (русловые, долинные, террасовые, ложковые, карстовые). В ряде долин проявлена золотоносность, связанная с рыхлыми отложениями мезозойских и третичных депрессий.

Промышленные концентрации золота в депрессиях, как правило, приурочены к горизонтам грубообломочных каолинизированных галечников и песков. Mz-Kz россыпи характеризуются мелким золотом и большим количеством глинистого материала.

Размеры россыпей различны: протяженность - от десятков метров до десятка километров, ширина промышленного контура - до 300-400 м, глубина залегания - до 30 м и более. Самые большие запасы (64,4 %) и добыча (81,9 %) приходятся на Свердловскую область, 20,4 % запасов и 11,4 % добычи - на Челябинскую и 11,1 % запасов - на Пермскую. Запасы и добыча в Оренбургской области и Республике Башкортостан (РБ) невелики.

На территории Южного Урала в пределах РБ известно около 300 россыпей золота. За весь период эксплуатации, составляющий 200 лет из россыпей добыто более 87 т учтённого металла. Промышленные россыпи РБ сосредоточены в Авзяно-Белорецком Баймакском, Сибайском и Учалинском рудно-россыпных районах.

Различаются россыпи аллювиальные (включая аллювиально-карстовые и озёрно-аллювиальные), делювиальные, элювиальные и переходных типов. Основная часть промышленных запасов металла сосредоточена в аллювиальных россыпях; делювиально-аллювиальные объекты менее продуктивны. Возраст золотоносных отложений неоплейстоценовый NP (Q_I-Q_{III}), эоплейстоценовый; плиоценовые и миоценовые россыпи развиты слабее. В морфологическом отношении выделяются: долинные, террасовые и ложковые. Большинство россыпей восточного склона Башкирского Урала можно являются комплексными по составу минерального сырья, поскольку в них нередко отмечается наличие осмистого иридия в содержаниях до 2-3% относительно содержания самого золота.

В гранулометрическом отношении преобладает золото мелкого (до 0,5 мм) и среднего (0,5-1,0 мм) классов. Россыпи с преобладанием крупного золота немногочисленны; встречаются самородки весом 400-800 г наиболее крупный из задокументированных - «Ирендыкский медведь» весом 4788 г. Окатанность россыпного золота различна, встречаются сохранившиеся дендриты, однако чаще преобладает средняя и хорошая. Слабоокатанное золото в сростках с кварцем приурочено к вершинам ложковых россыпей. Пробность самородного золота различных россыпей региона колеблется от 800 до 960.

В золотоносных аллювиальных отложениях, локализованных в широких разработанных долинах рек Миасс и Урал доля обломков валунно-галечной размерности определяется 20-30%, для отложений объектов расположенных в зоне резко расчленённого рельефа (долина р. Авзян) она намного выше - 40-65%. Доля обломков гравийно-песчаной размерности колеблется от 20 до 50%, а глинисто-алевритовая составляющей - 20-40%

соответственно; в делювиально-аллювиальных россыпях переходящих в аллювиальные доля последней возрастает, достигая 65%.

В целиковых россыпях концентрация золота приплотиковая пластовая. Максимальные содержания металла устанавливаются в струях, сложенных грубообломочным аллювием с глинистым заполнителем. В плане россыпи лентовидные, с шириной промышленного контура до 20-40 м в долинах водотоков I-II порядков, 100-300 м в долинах III-IV порядков. Протяжённость россыпей колеблется от 1,5 – 2 км до 6-10 км. На участке долины верхнего течения р. Миасс, сближенная группа россыпей объединена в единый дражный полигон. Мощность продуктивного слоя тяготеющего к тальвегам и палеотальвегам долин не превышает 2-3 м, редко достигает 4-6 м. Глубина залегания россыпи составляет 2-12 м, возрастая в палеоврезах 15-70 м.

Наиболее крупные россыпи перемыты с применением современной производительной техники - гидравликами и драгами. Однако анализ результатов разведки и эксплуатации россыпей территории показал, что ресурсы россыпного золота РБ далеко не исчерпаны.

Прирост запасов металла возможен на флангах известных месторождений, в межблоковых и бортовых целиках, за счёт недозащищенных плотиков, вскрышных лежалых отвалов старых разрезов, «гловок» гале-эфельных отвалов. В геоморфологическом отношении благоприятными для обнаружения новых россыпей в регионе являются долины с корытообразным поперечным профилем, врезанные в умеренно приподнятые морфоструктуры с грядово-мелкосопочным и столовым рельефом. Для долин I-IV порядков благоприятным признаком развития россыпной золотоносности является наличие хорошо разработанной лестницы террас – от первой надпойменной позднеплейстоценовой до высоких плиоцен-миоценовых.

Наиболее распространённой примесью самородного золота является Ag, подчинённое значение имеют постоянно присутствующие примеси: Cu, Fe, Pb, Hg, реже встречаются элементы-примеси обусловленные составом руд - As, Sb, Zn, Bi, Te, Se, редкие примеси - Pt, Pd, Os и Ir. В комплексной россыпи Тарлау (бассейн р. Урал) выявлены важные в генетическом отношении агрегаты минеральных фаз: туламинита Pt_2FeCu в сростках с хромпикотитом $(Mg,Fe)Cr_2O_4$; самородного иридия с ферроплатиной (Pt_3Fe) ; самородного иридия с серпентином $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$; рутенистого осмия с форстеритом $Mg_2[SiO_4]$; иридиевого осмия с форстеритом; а также отдельных фаз рутенистого иридия и самородного осмия. Иридоосмий из россыпи содержит (мас. %): Ru (8,53-9,56), незначительные примеси Cu (0,6) и Fe (0,42). Элементы-примеси в самородном золоте служат надёжными индикаторами состава среды минералообразования. Этот признак сохраняется и в золоте россыпей, что позволяет определить коренной источник металла.

Для ряда россыпных месторождений отмечается весьма существенная, в отдельных случаях до 75% и более, доля весьма мелкого (- 0,25 + 0,1 мм), тонкого (- 0,1 + 0,05 мм) и пылевидного (-0,05 + 0,01 мм) классов самородного золота от общей массы металла. Такое золото гидравлическим способом не извлекается и накапливается в эфельных отвалах, формируя техногенные месторождения. Ранее мелкое золото извлекали амальгамацией.

Техногенная амальгама золота установленная в эфельных отвалах россыпи долины р. Авзян. отвечает по составу фазе Au_6Hg_5 (рентгеновская плотность $\rho = 16,872$ г/см³). Зёрна самородного золота покрыты техногенной плёнкой состава Au_6Hg_5 , Au_5Hg_8 , обладающей специфической коррозионной структурой поверхности.

Современные центробежные концентраторы и винтовые шлюзы отличаются высокой производительностью при минимальном техногенном воздействии на окружающую среду.

Результаты изучения распределения и форм нахождения золота в минеральном сырье коренных источников питания россыпей различных регионов, указывают на наличие наночастиц металла, актуальность учёта которых подтверждается специализированными исследованиями. Оптимизация региональных минерагенетических исследований рудно-россыпных районов Южного Урала требует сочетания возможностей ГИС- и нанотехнологий.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА ВБЛИЗИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Норель Б.К.¹, Боровков Ю.А.²

¹ igds-azarenko@mail.ru, АО «ННЦ ГП ИГД им. А.А. Скочинского», МО, г. Люберцы, Россия
² bua_51@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Различие геологических условий залегания месторождения полезного ископаемого, многообразии протекающих в массиве горных пород физических процессов, различные виды прикладываемых нагрузок к породному массиву, различные геометрические формы горных выработок, меняющиеся физические, механические и прочностные свойства горных пород, создают специфические условия для анализа проявлений горного давления в породах почвы и кровли горной выработки. Влияние многих факторов на проявление горного давления дает возможность исследователям проводить самостоятельные, оригинальные, экспериментальные и аналитические работы. Это способствует появлению большого числа работ по проблеме исследования проявлений горного давления.

Изучение проявлений горного давления, которые могут реализоваться в виде физических процессов потери устойчивости выработок, значительного деформирования пород и пласта осуществляются натурными наблюдениями, физическими экспериментами и аналитическими исследованиями.

Развитие теоретических методов анализа предусматривает использование современных положений описания механических процессов в неупругих деформируемых средах при действии объемного напряженного состояния, получение экспериментальных данных лабораторных испытаний горных пород на установках трехосного неравно компонентного сжатия по специальным методическим программам испытаний и анализ визуальных натурных наблюдений.

При исследовании закономерностей механических свойств материалов во всех опытах с образцами горных пород в объемном напряженном состоянии было установлено следующее: прочностные и деформационные характеристики исследуемых горных пород при различных значениях начального, всестороннего сжатия σ_0 и величинах параметра Надаи μ_σ , характеризующего различный вид объемного напряженного состояния закономерно изменяются; на стандартных диаграммах компонентов главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ и компонентов главной деформации $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ в форме зависимостей инвариантов главного напряжения и главной деформации $I_1 - A_1$ и $I_2 - A_2$ выделяются закономерные участки различного деформирования. Это позволяет сделать вывод о том, что для математического описания уравнений связи между статическими и кинематическими переменными можно использовать механические модели механики сплошных сред в рамках общей теории напряженного и деформированного состояния элементов твердых тел.

Теоретические и экспериментальные исследования механических процессов в неоднородных горных породах при действии сложного объемного напряженного состояния на основе зависимостей новых физических параметров и показателей, в которые входят функция состояния горных пород, паспорт прочности горных пород, критерий прочности горных пород, параметр Надаи горных пород, поверхность разрушения горных пород, напряженное состояние вблизи выработок, функция нарушенности, функция поврежденности, позволили сформулировать авторскую концепцию предотвращения выбросов породы и газа из массива горных пород при проведении очистных работ.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С УЧЕТОМ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Боровков Ю.А., Рассказов С.А.,
bua_51@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Выбор рационального типа крепи является важным вопросом при проектировании подземных горных работ. Для того чтобы крепь обеспечивала стабильность горной массы, нужную безопасность, а также была выгодна в экономическом плане, необходимо исходя из горно – геологических условий верно определять ее необходимость. В этом нам поможет система Barton Lien and Barton Lunde.

Численное значение Q определяется по формуле:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF},$$

где: RQD - показатель качества породы; J_n - показатель количества систем трещин; J_r - показатель шероховатости поверхности трещин; J_a - показатель измененности (сцепления) трещин; J_w - водный фактор; SRF - фактор снижения напряжений.

Отношение RQD/J_n представляет собой строение массива и является приближенным значением размера блока, с двумя экстремальными значениями 100/0,5 и 10/20. Отношение J_r/J_a – прочность на сдвиг вдоль поверхности трещин, представляет характеристики шероховатости стенок трещин и материала, заполняющего трещины и их фрикционные свойства. Параметр J_w представляет собой параметр давления грунтовых вод, которое снижает прочность породы на срез, из-за снижения нормальной составляющей давления. К тому же подземные воды могут привести к эффекту размягчения породы и возможности вымывания глинистых частиц из трещин. [2]. Параметр фактор снижения напряжений SRF – это параметр, указывающий уменьшение нагрузки в случае: сдвиговых зон и глинистых прослоев; напряжений, действующих в крепкой породе; сжимающих нагрузок в пластичных слабых породах.

График для определения фактора SRF представлен на рис. 1. При оценке устойчивости массива по качеству (Q) [1], требования по креплению подземных горных выработок, в отношении пролета выработки и качества массива (Q), приведены на нижней диаграмме параметров крепи в зависимости от Q -рейтинга (рис.2). Категории крепления: 1 - незакрепленная; 2 - анкерование в отдельных местах SB; 3 - систематическое анкерование B; 4 - неармированные торкретом 4-10 см B+S; 5 - армированные волокном торкрет 5-9 см и анкера; 6 - армированные волокном торкрет 9-12 см и анкера Str+B; 7 - армированный торкретбетон 12-15 см и анкера Str+B; 8 - армированный торкретбетон 15 см, арочное крепление Str+RRS+B; 9 - монолитный бетон CCA. По оси X приведен индекс Q в логарифмическом масштабе. Эквивалентный размер получают путем деления ширины, диаметра или высоты горной выработки на коэффициент крепи выработки ESR. Значение ESR определяется характером использования и степенью ответственности выработки и рекомендуется принимать: околостольные дворы, камеры дробления, насосные и т.д – 0,9 - 1,0; капитальные выработки – 1,2-1,3; постоянные туннели – 1,6-2,0; вертикальные столбы круглого сечения – 2,5-3,0; вертикальные столбы прямоугольного сечения – 2,0-2,5; временные горные выработки -3-5 сечения – 2,0-2,5; временные горные выработки -3-5.

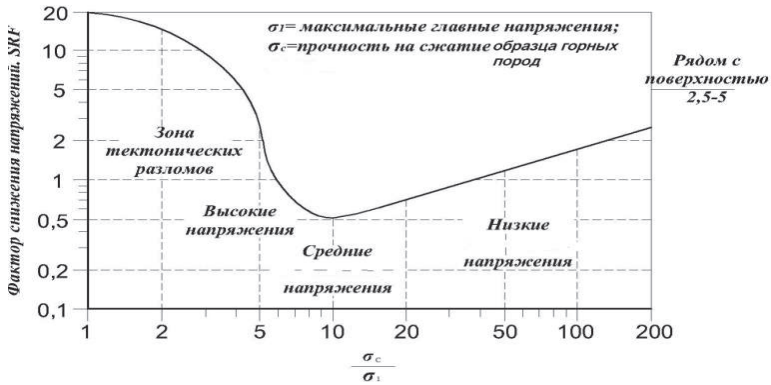


Рис. 1. График для определения фактора SRF.

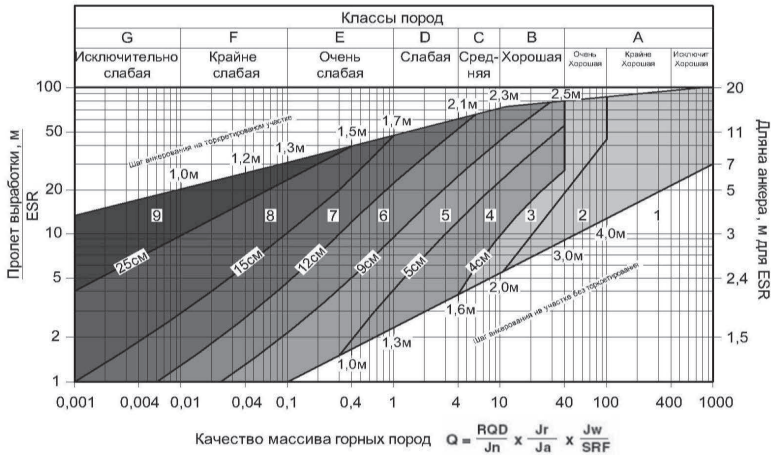


Рис.2 Диаграмма параметров крепи в зависимости от Q-рейтинга

Зоны, очерченные линиями на графике, представляют собой рекомендации по креплению горного массива. Комбинируя приведенный пролет с качеством горного массива можно определить требования к креплению горного массива.

Длина анкеров определяется исходя из данных ширины выработки B и времени существования выработки ESR : $L = \frac{2 + 0.15B}{ESR}$. Максимальный устойчивый пролет обнажения l_{max} оценивается с помощью следующей формулы: $l_{max} = 2ESR \cdot Q^{0.4}$. Давление

крепи (кПа): $P = \frac{200 \cdot J_n^{0.5} \cdot Q^{0.33}}{3 \cdot J_{re}}$ Для практических целей в приложениях к подземным горным работам рейтинг Q варьирует в диапазоне от 1 до 40.

Литература

1. Brady В.Н.Г., Brown Е.Т. Rock mechanics for underground mining . – New York: Kluwer Academic Publishers, 2005. – 645 с.
2. Макаров А.В. Практическая геомеханика. – Москва: Недра, 2005. – 259 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «АЛБАЗИНО»

Боровков Ю.А., Рассказов С.А.,
bua_51@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Определение основных физико-механических свойств является необходимым этапом для выбора системы обработки месторождения. Объектом исследований являлись горные породы Албазинского золоторудного месторождения, Ольгинской рудной зоны.

Месторождение расположено в районе им. Полины Осипенко Хабаровского края. Район представляет собой типичную горно-таежную местность. Исходным материалом для проведения лабораторных механических испытаний горных пород месторождения служили фрагменты керна геотехнических скважин.

Из фрагментов керна были изготовлены образцы стандартных размеров, после чего было произведено определение комплекса показателей физико-механических свойств горных пород, включающего следующие показатели: плотность; коэффициент крепости по Протодяконову; предел прочности при одноосном: растяжении в естественном и водонасыщенном состояниях и сжатии в естественном и водонасыщенном состояниях пород; деформационные характеристики при одноосном сжатии (модуль упругости и коэффициент Пуассона); показатели прочности при объемном сжатии (пределы прочности при объемном сжатии и параметры паспорта прочности - условное сцепление и соответствующие углы внутреннего трения).

Учитывая способ изоляции фрагментов керна (полиэтиленовая упаковка), результаты испытаний образцов были выборочно дополнены данными об их влажности в воздушно-сухом состоянии. Исходным материалом для изготовления образцов стандартных размеров служили фрагменты керна диаметром около 47 и 63 мм.

Подготовка образцов к испытаниям заключалась в разрезании фрагментов керна и придании им цилиндрической формы при соблюдении требуемых размеров и качества обработки поверхностей [1].

Для подготовки образцов к испытаниям использовали следующее оборудование:

- 1) камнерезный станок DIMAS TS 350 E;
- 2) шлифовальная планшайба MC-1;
- 3) эксикаторы.

Камнерезный станок DIMAS TS 350 E применяли для высокопроизводительной поперечной разрезки кернов горных пород на цилиндрические образцы с плоскими торцами. Разрезку производили отрезным алмазным кругом с диаметром 350 мм.

Планшайбу MC-1 применяли для шлифовки поверхностей образцов пород после разрезки кернов на камнерезном станке DIMAS TS 350 E.

Эксикаторы представляли собой стеклянные сосуды с герметичными крышками и применялись для хранения изготовленных образцов до испытаний без дополнительной потери ими влаги. Размеры изготавливаемых образцов пород выбирали с учетом требований стандартов на методы испытаний и наличия разнообразных по составу и ориентации поверхностей ослабления.

В таблице 1 указаны диапазоны изменения показателей физико-механических свойств некоторых горных пород месторождения Албазино



Рисунок 1

Камнерезный станок DIMAS TS 350E

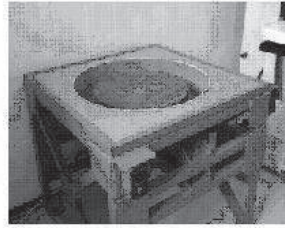


Рисунок 2

Шлифовальная планшайба MC-1

Таблица 1

№ п/п	Литологическое описание	Влажность, %	Плотность, кг/м ³	Коэффициент крепости	Модуль упругости, 10 ⁶ МПа	Коэффициент Пуассона	Предел прочности при одноосном растяжении, МПа		Предел прочности при одноосном сжатии, МПа		Условное сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град
							в возд. сух. сост.	в водонасыщ. сост.	в возд. сух. сост.	в водонасыщ. сост.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Песчаники	0,34-1,41	2570-2754	8-24	3,46-16,06	0,03-0,32	7,70-16,58	3,36-4,91	17,54-143,60	7,73-124,12	8,08-20,16	31,9-42,5
2	Алевриты	0,15-0,55	2602-2755	7,3-15	7,56-16,15	0,18-0,22	1,50-21,39	4,75-10,16	8,40-103,18	1,19-52,90	7,51	40,0
3	Дацинты	0,40-0,80	2618-27,14	3,4-20	2,23-11,46	0,05-0,24	6,25-17,90	6,25-17,90	5,44-18,29	21,43-86,51	12,11	37,2
4	Микродиориты	0,16-0,96	2600-2813	10-17,1	4,62-5,34	0,11-0,12	5,66-15,32	3,07-21,99	9,02-137,96	-	13,55-21,45	30,7-36,3

Исследованные породы характеризуются значительным разбросом показателей физико-механических свойств, что связано со значительной неоднородностью их вещественного состава и сложностью строения.

Коэффициент крепости пород по Протодяконову колеблется для различных горных пород месторождения в широком диапазоне от 3 до 24. Необходимо отметить, что полученные значения коэффициента крепости значительно превышают расчетное значение, вычисляемое по корреляционным зависимостям через значение «кубиковой» прочности при одноосном сжатии. [2]

Помимо литологии на величину прочности весьма существенное влияние оказывала неоднородность строения и нарушение пород. Неоднозначное влияние на прочность различных пород оказывала влажность. Испытания пород при естественной влажности и при полном водонасыщении показали значительное снижение прочности под действием влаги структурно ослабленных пород. В то же время — это влияние на крепкие монолитные горные породы не превышало величины разброса данных, вызванного неоднородностью состава. При этом влажность образцов пород, определенная в лабораторных условиях перед проведением испытаний, составила от 0,3 до 1,5 %.

Литературы

- ГОСТ 21153.8-88 Породы горные. Метод определения прочности при объемном сжатии.
- ГОСТ 21153.1-75 Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протодяконову. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 6 с.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОСВОЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОТОКОВ РУДНИЧНЫХ ВОД*

Рыльникова М.В.¹, Радченко Д.Н.^{1,2}, Гаджиева Л.А.²
Mining_expert@mail.ru ¹ИПКОН РАН, Москва, Россия
²РУДН, Москва, Россия

* - исследования выполняются в рамках базового бюджетного финансирования ИПКОН РАН (№ темы: 0138-2014-0001)

Увеличение потребности общества в энергоносителях, и, как следствие, неизбежное истощение природных ресурсов, влечет повышенное внимание ведущих мировых стран к проблемам возобновляемой энергетики. Однако, аспекты энергоспроизводства при комплексном освоении недр до настоящего времени раскрыты недостаточно полно, поскольку развитие геотехнологий направлено в большей степени на повышение полноты выемки запасов полезного ископаемого и экономическую эффективность добычи, но не на комплексность использования ресурсов земных недр, хотя этим определяются перспективы расширения минерально-сырьевой базы России [1].

В проектах горных предприятий не учитываются возможности энергосбережения и воспроизводства электроэнергии за счет использования ресурсов, сформированных в результате человеческой деятельности по освоению земных недр – техногенных ВИЭ [2,3]. В ходе выполнения комплексных научных исследований [4,5] были выявлены пути частичной компенсации энергии, затраченной на технологические процессы горного производства за счет техногенных ВИЭ. Одним из наиболее перспективных технологических решений в этой области является преобразование энергии потоков рудничных вод, перемещаемых в системах шахтного и карьерного водоотлива, в электрическую энергию.

Оппоненты этой теории указывают на крайнюю неравномерность поступления в рудники подземных, паводковых вод и водопритока, формирующегося за счет осадков. Вместе с тем, в мировой практике имеются решения по использованию неравномерных нагрузок на энергосети. Например, в Норвегии принят закон, предусматривающий постепенный переход производства гидроэлектроэнергии от модели, ориентированной на непрерывную поставку к модели спроса. Данная модель предполагает аккумуляцию водных ресурсов в часы, когда, рынок не нуждается в большом объеме энергии и наращивания объемов выдаваемой гидроэлектростанцией энергии в часы-пик. Именно такое решение является ответом на вопрос о воспроизводстве электроэнергии в рудниках, где есть неравномерный водоприток, связанный с сезонностью, осадками, дискретной подачей гидросмесей. То есть подача энергии потребителю производится по мере спроса, остальное время энергия аккумулируется, либо направляется в общераспределительные (не рудничные) сети [6].

Так как приток подземных вод в подземное пространство является дискретным, но постоянным и неизбежным следствием техногенного изменения недр, то по отношению к энергосистеме добывающего предприятия энергию этих вод вполне можно отнести к категории локальных возобновляемых источников, использование которых может значительно повлиять на потребности во внешнем электроснабжении, однако, его использование возможно при правильной оценке горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий освоения рудных месторождений, определяющих величину водопритоков в рудник за счет поступления подземных вод. Такие оценки должны производиться еще на стадии проектирования горных предприятий на базе комплексных исследований горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий освоения месторождений.

Основные факторы, оказывающие влияние на величину водопритоков подземных вод в рудник, можно разделить на прямые - исходные гидрогеологические условия освоения месторождения, и косвенные – петрографические, в том числе, литологический состав вмещающих горных пород.

К гидрогеологическим условиям относятся: пластовое давление, химический состав поверхностных и подземных вод, количество и мощность водоносных горизонтов, связь подземных вод с поверхностными водоемами и водотоками, характер движения подземных вод и фильтрационные свойства горных пород в целом, а также содержание взвешенных частиц и твердых примесей.

Воспроизводство электроэнергии от потоков гидросмеси возможно на основе усовершенствования конструкций малых гидроэлектростанций, а требования к материалам для изготовления гидротурбин и их частей определяются химическим составом поверхностных и подземных вод, а также содержанием в водах, поступающих в выработку, взвешенных частиц.

Конструктивные параметры карьеров и подземных рудников, определяемые их производственной мощностью, параметры системы разработки определяют величину сечения горных выработок и свободных обнажений, а, следовательно, объем поступления подземных вод в горные выработки. Количество и мощность водоносных горизонтов позволяют рассчитать и прогнозировать распределение водопритоков по горизонтам, их интенсивность, оценивать возможности управления ими. Связь подземных вод с поверхностными водоемами и водотоками дает возможность при проектировании горнотехнических систем оценить последствия от подработки охраняемых объектов, а также установить повышенный водоприток в рудник при осадках и в период паводка и так далее.

Выполненными исследованиями исходных гидрогеологических условий освоения месторождений определены факторы, оказывающие влияние на выбор технологий энергетического производства за счет преобразования энергии потоков рудничных вод, поступающих в рудник и проведена систематизация таких условий в свете перспектив масштабного внедрения техногенных ВИЭ при техническом перевооружении рудников.

Список использованных источников

1. Трубецкой К.Н. Комплексное освоение недр: перспективы расширения минерально-сырьевой базы России / Под ред. Трубецкого К.Н., Чантурия В.А., Каплунова Д.Р. М.: ИПКОН РАН, 2009. 456 с.
2. Рыльникова М.В. Возобновляемые в ходе разработки месторождений полезных ископаемых источники энергии // Энергия: экономика, техника, экология. 2016. № 12. -С. 10–16.
3. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Проблема использования возобновляемых источников энергии в ходе разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 1. -С. 88–96.
4. Рыльникова М.В., Галченко Ю.П. Возобновляемые источники энергии при комплексном освоении недр. М.: ИПКОН РАН, 2015. 122 с.
5. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Возобновляемые источники энергии как георесурс в системе техногенного преобразования недр // Горный журнал. 2015. № 9. Р. 79–83.
6. Bråttveit K., Bruland A., Brevik O. Rock falls in selected Norwegian hydropower tunnels subjected to hydropeaking // Tunn. Undergr. Sp. Technol. 2016. Vol. 52. P. 202–207.

ПОДРАБОТКА МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Таджиев Ш.Т., Кобилов О.С., Айтуаров А.М., Якшибаев Т.М.
temur19.01.1988.tm@list.ru, Навоиский государственный горный институт (НГГИ), Навои,
Республика Узбекистан

Подработка подготовительных выработок возможна как при восходящем, так и при нисходящем порядке отработки свиты пластов.

При первоочередной отработке в свите нижнего пласта (восходящий порядок) необходимо решать вопросы о выборе оптимального места расположения выработок в налегающей толще относительно выработанного пространства подрабатываемого пласта во времени и пространстве.

При нисходящем порядке отработки свиты необходимо решать вопросы действующих наклонных и горизонтальных выработок, поддерживаемых в вышележащих пластах.

Горные выработки, расположенные выше разрабатываемого пласта, подвергаются одновременному воздействию опорного давления и сдвижения. Опорное давление вызывает смещение пород – на контуре выработок. Сдвигение подработанного массива вызывает нарушение профиля пройденных в нем горных выработок.

При выемке пород одновременно со сдвижением горных пород в подработанной толще происходит перераспределение напряжений с образованием зон повышенного и пониженного давления. Оба эти процесса – сдвигение пород и перераспределение напряжений – неотделимы друг от друга и применительно к устойчивости горных выработок должны рассматриваться во взаимосвязи.

В начальный период отработки участка шахтного поля сдвигение пород начинается с медленного прогиба кровли пласта над выработанным пространством. В краевой части при выемке пластов возрастает концентрация напряжений, превышая к моменту посадки основной кровли в 2-4 раза от первоначального напряжения. Шаг первой посадки колеблется в широких пределах и зависит от состава пород налегающей толщи, способа управления кровлей, скорости подвигания очистного забоя и других факторов.

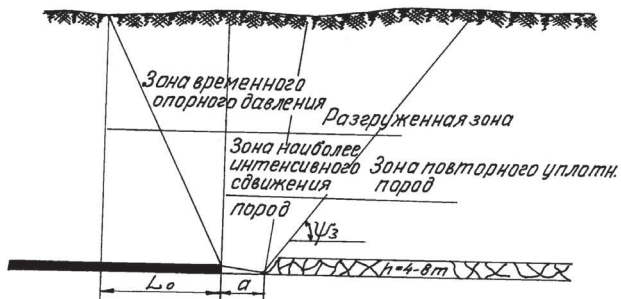
Когда забой лавы отойдет от разрезной печи на значительное расстояние (порядка 1,5 глубины разработки) процессы сдвижения пород и перераспределения горного давления принимают закономерный характер и входят в относительно стационарный режим.

В вышележащей толще непосредственно над выработанным пространством и в его окрестностях образуются зоны повышенного и пониженного горного давления и при подработке выработок различают остаточное опорное давление, приуроченное к постоянным границам выработанного пространства в подрабатываемом пласте (со стороны падения, восстания и у разрезной печи при отработке лав по простиранию) и временное опорное давление впереди движущегося очистного забоя. Разгруженные зоны образуются между зонами остаточного опорного давления в направлении вкрест простиранья и позади зоны временного опорного давления по простиранию (рис. 1).

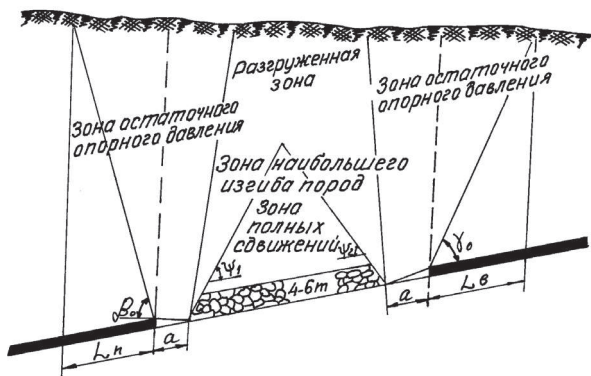
В пределах разгруженных зон выделяют области интенсивного сдвижения пород (рис. 1, а) и наибольшего изгиба пород (рис. 1, б), которые характеризуются неравномерностью вертикальных сдвижений пород. Частично эти области могут быть опасны для подготовительных выработок.

Над центральной частью выработанного пространства слои пород после окончания процесса сдвижения получают опору на почву отработанного пласта и занимают положение примерно параллельное первоначальному. Эту часть массива называют областью полных сдвижений. Пространственное положение ее определяется линиями, проведенными под углами полных сдвижений ψ_1 , ψ_2 и ψ_3 .

а)



б)



а – по простиранию пород; б – вконец простирания пород.

Рис. 1. Зоны опорного давления и разгрузки при подработке массива пород

При решении вопросов, связанных с выбором местоположения, способов охраны, типа крепи подготовительных выработок, необходимо учитывать пространственное положение указанных выше зон и структурную нарушенность подработанного массива. В направлении снизу вверх от разрабатываемого пласта можно выделить три зоны:

- 1) зону обрушения, характеризующуюся тем, что в ней нарушается строение толщи пород. Высота зоны не превышает, как правило, 4-6 мощностей разрабатываемого пласта;
- 2) зону трещиноватости, располагающуюся непосредственно над первой зоной на высоту, равную 30-40 кратной мощности пласта. В пределах указанной зоны строение пород и слоистость толщи сохраняются. Прогиб слоев сопровождается отдельными нарушениями сплошности пород;
- 3) зону плавного прогиба, характеризующуюся сдвижением пород без нарушения сплошности слоев.

Таким образом, исследованиями установлено, что горизонтальные и наклонные выработки могут быть подработаны нижележащими пластами при подработке более 35-40 кратности мощности пласта.

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРА КУСКА РУДЫ ПРИ РУДОПОДГОТОВКЕ МНОГОЯРУСНОГО ШТАБЕЛЯ ПРИ КУЧНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ ЗОЛОТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ МУРУНТАУ

Боровков Ю.А., Якшибаев Т.М.

bua_51@mail.ru, temur19.01.1988.tm@list.ru МГРИ-РГГРУ, Москва Россия

Наиболее решающее влияние на конечный результат переработки является предварительная рудоподготовка. Особая роль к этому процессу отводится при использовании метода кучного выщелачивания (КВ), так как однажды уложенная масса руды в штабель не подвергается каким-либо изменениям. Неверно обоснованные параметры рудоподготовки приводят к безвозвратным потерям извлечения золота из рудного штабеля КВ. В связи с этим при проектировании предприятия КВ много времени и усилий отводится подбору параметров подготовки рудного материала перед укладкой его в штабель [1].

Основной задачей рудоподготовки перед укладкой рудной массы в штабель является достижение такой крупности, которая обеспечивает максимальный контакт раствора с куском руды, одновременно имеет хорошую проницаемость и стабильность для обеспечения необходимой степени извлечения золота из куска руды.

Однако, эти требования не выполнимы, когда оптимальный, с точки зрения уровня извлечения, размер куска приводит к низкой проницаемости в него раствора для выщелачивания. Объем усилий и затрат при рудоподготовке напрямую зависят от экономических показателей извлечения золота. Например, если приращение затрат на дробление крупного куска руды до более мелкой фракции не покрывается приращением в доходах от увеличения степени извлечения, то мелкое дробление не оправдано [2]. При этом остается ряд нерешенных вопросов по интенсификации процесса КВ, который в свою очередь зависит от многих факторов: гранулометрического состава минерального сырья, плотности и параметров формирования рудного штабеля, физико-механических свойств горной породы. При этом подготовка золотосодержащего сырья необходимой крупности обеспечивается дроблением или окомкованием, удалением илесто-глинистых фракций (обесшламливанием), что в свою очередь при формировании рудного штабеля обеспечит равномерное распределение выщелачивающегося раствора и необходимую скорость его фильтрации (1-2 м/сут).

Выщелачиваемые руды в штабелях КВ по крупности подразделяют на крупнокусковые со средними размерами 150-200 мм (это преимущественно металлосодержащая горная масса ранее сформированных отвалов, сюда входят трещиноватые руды с прожилковой минерализацией и т.д.), средне-дробленые с диаметром куска 20-50 мм (рядовые руды большинства месторождений полезных ископаемых) и мелкодробленые с размерами 1-5 мм (пески пульпы- и хвостохранилищ, упорные руды с тонкодисперсной минерализацией золота и др.).

Размер частиц горной массы многих отвалов золоторудных карьеров составляет в среднем 200 мм и более. В результате золото, находящееся внутри куска горной массы (при его больших параметрах), не обрабатывается выщелачивающими растворами, так как доступ активного реагента к нему ограничен мощным слоем минеральной матрицы. Требуется дополнительное дробление крупнокусковых пород и негабаритов до кондиционных размеров (<100 мм). В хвостохранилищах золото-извлекательных и обогатительных фабрик горная масса, наоборот, сильно переизмельчена, что приводит к ее зашламлению при обработке выщелачивающими растворами и, как следствие, к снижению фильтрационных свойств, определяемых гранулометрическим составом руд, а также наличием илистых фракций, резко затрудняющих процесс дренирования растворов.

Дробление осуществляется стандартными щековыми и конусными дробилками. В настоящее время отмечается тенденция перехода от стандартных дробилок (щековых и

конусных) к дробилкам самоизмельчающего типа. В то время как дробилки ударного действия характеризуются высоким износом и необходимостью замены отдельных деталей, новейшие самоизмельчающие дробилки сокращают размер частиц руды до 3,5 мм с меньшим износом и заменой деталей. Внедренные в эксплуатацию валковые прессы не столько измельчают материал, сколько образуют в нем микротрещины, обеспечивая тем самым доступ реагента вглубь частицы руды, обеспечивая повышение извлечения и увеличение скорости выщелачивания. Они потребляют меньше энергии по сравнению с обычными дробилками. Зазоры между валками - 10-30 мм, а достигаемая степень сокращения размеров частиц составляет 3:1.

На месторождении Мурунтау ЦКВЗ применяют многоярусное укладку руд в штабель высотой 80 м. При этом для более полного извлечения золота, исследованиями было установлено, что для наиболее оптимального размера горного куска применяют IV стадийную систему дробления с конечным выходом руды -3,35 мм.

При эксплуатации многоярусного штабеля большое значение имеет конструкция его основания, на которое размещают руду. На предварительно подготовленное грунтовое основание укладывают слой глины толщиной 300 мм и уплотняют его. Затем сверху расстилают полиэтиленовую плёнку высокой плотности. Для предохранения от механических повреждений плёнку покрывают слоем мелкодробленой руды высотой в несколько десятков сантиметров. В результате исследований было установлено, что при увеличении количества мелкой фракции - 3,35мм более 95%, затраты на дробление экспоненциально увеличиваются. Возникает вопрос о целесообразности более мелкого дробления руды. Для этой цели необходимо найти граничные условия, при которых увеличение затрат на дополнительное дробление не будет превышать размера дополнительной прибыли за счет приращения извлечения золота из мелких фракций.

Исследованиями также установлено, что дополнительное измельчение руды, например, с 5% до 4% фракции +3,35мм, будет выгодно при условии, что содержание золота будет выше 1,46 г/т при его цене за 300\$/унцию, и 1,75г/т при текущей цене на золото равной 1260\$/унцию. Данная зависимость дает реальную возможность экономически эффективно управлять технологическим регламентом производства в зависимости от сложившейся ситуации. Таким образом, в результате изучения влияния гранулометрического состава руды на извлечение золота, можно сделать следующие выводы: 1) количество высвобождаемого золота возрастает с уменьшением размера кусков руды; 2) высокое извлечение золота выше 90% достигается при измельчении руды до -200 мм; 3) степень извлечения золота изменяется в зависимости от технологического типа руд, и достигает максимума для окисленных руд; 4) измельчение руд более 95% класса -3,35мм экономически выгодно при средней цене за унцию 1260\$.

Таким образом, установлено, что существующее технологическое оборудование позволит увеличить процент мелкой фракции руды, поступающей на штабель до -3,5 мм, тем самым повысить степень извлечения золота. Для условий Мурунтау установлена зависимость уровня извлечения тонкодисперсного золота от степени измельчения рудной массы. Установлено, что измельчение руды менее -3,35 мм в объеме 96% от общей массы экономически выгодно, а также выгодно вовлекать в процесс кучного выщелачивания руду с меньшим содержанием золота менее 0,65 г/т при средней цене за унцию 1260\$.

Список использованной литературы:

1. Herkenhoff, E.C. and J.G. Dean (1987). Heap leaching: agglomerate or deslime? Engineering Mining Journal 188(6) pp. 32-39.
2. Kakharov, A.K. and B.I. Revazashvili (1982). Heap leaching of gold-containing ores of Uzbekistan. Vopr. Teorii i Prakt. Perarab. Syr'ya i Produktov Tsv Meallurgii Kazakhstana, Alma-Ata, pp. 108-112.

S-VIII

**СЕКЦИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ, КОМПЛЕКСНОГО
ОСВОЕНИЯ РОССЫПНЫХ И МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

УСРЕДНЕНИЕ КАЧЕСТВА РУД ПРИ ДОБЫЧЕ

Буянов М.И.

drobadenko@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Зависимости показателей извлечения металлов в концентраты, качества концентратов, потерь в хвостах обогащения от качества добываемых руд для железных руд носят преимущественно параболический характер с четко выраженными зонами оптимума. Необходимость минимизации стандартов отклонений или вариации качества относительно путем стабилизации (усреднения) качества рудопотоков здесь очевидна.

Для руд цветных металлов те же зависимости носят сложно-степенной гиперболический характер. Формы этих зависимостей существенно различаются для конкретных руд и схем обогащения, имеют, как правило, низкие степени корреляции.

Поскольку абсолютные содержания большинства цветных металлов в рудах, добываемых открытым способом, на несколько порядков ниже, чем в железных рудах (1 – 0,003% против 30-60%) , они оказывают существенно меньшее влияние на показатели извлечения, чем изменения таких качественных параметров, как: минералогический состав, структурно-текстурные особенности, характер срастания металлоносного зерна с вмещающими породами , крупность, форма, степень анизотропии и микро-дефектность минералов , контрастность физико-механических и флотационных свойств и др.

В общем случае экономическая целесообразность усреднения руд цветных металлов по содержаниям полезных компонентов вовсе не очевидна и в каждом конкретном случае нуждается в специальных и глубоких геолого-технологических и технико-экономических проработках и обоснованиях.

Если в черной металлургии вследствие нарушения шихтовки возможна аварийная остановка доменного процесса, то в цветной металлургии снижение качества руд и его дестабилизации не приводят обычно к остановке процесса, а только увеличивают потери металлов в отвалах, пыли, хвостах, шлаках и снижают качество концентратов. Кроме этого, если в черной металлургии качество стали определяется строго выраженным соотношением ее компонентов, т.е. высокими требованиями к стабильности состава шихты, то качество цветных металлов связано со степенью очищенности от любых других элементов.

Эффективность экспрессного контроля качества крупно-дробленых руд цветных металлов (ориентированного на контроль абсолютных содержаний металлов, т.е. одного из качественных параметров руд, слабо влияющих на показатели обогащения) – всегда будет ниже, по сравнению с железными рудами, так как, во-первых, изменчивость качества руд цветных металлов в недрах выше, а достоверность разведочных данных, как правило ниже, чем на железорудных месторождениях. Во-вторых, при прочих равных условиях, одинаковые куски железной руды и руды цветных металлов по содержанию в них полезных (контролируемых при кусковом контроле) компонентов различаются, как отмечалось, на несколько порядков. В-третьих, большинство цветных металлов не обладает контрастностью к электромагнитным полям, а эффективный рентгенорадиометрический контроль качества возможен лишь на измельченной рудной фракции на фабриках, а не в забоях. И при этом тесная корреляция между абсолютными содержаниями металлов и другими качественными параметрами в рудах цветных металлов характерна лишь для технологически мало контрастных руд с равномерным распределением металла в минералах.

Возможности внутрикарьерного оперативного управления (усреднения) качеством руд «с колес» на железорудных карьерах, как правило, существенно выше, чем на рудных карьерах цветной металлургии. Это обусловлено, в основном, разностью масштабов предприятий. При отработке крупномасштабных железорудных месторождений (карьеры

Кривого Рога, КМА, Урала) в одновременной обработке находятся 5-8 и более добычных забоев, в то время как на большинстве карьеров цветной металлургии работают 1-2 добычных забоев.

Наиболее эффективным является усреднение железных руд на специализированных усреднительных складах дробленной руды. Но капитальные затраты на строительство таких складов (4-10 млн.руб.) могут окупаться лишь на наиболее крупных карьерах цветной металлургии. При этом эффективно усредняются далеко не все руды цветных металлов, что связано с сегрегацией по крупности. Дополнительным ограничением является необходимость строгого разделения по геолого-технологическим типосортам, не допуская их перемешивания в едином рудопотоке. Темп углубки небольших и средних карьеров цветных металлов, отработывающих преимущественно крутонаклонные рудные тела при небольших размерах в плане, как правило, выше, чем на железорудных карьерах.

Таким образом, если при разработке железорудных месторождений наиболее выгодно усреднение качества руд, то в цветной металлургии наиболее перспективны технологические схемы с повсеместным распространением селекции, многостадийного грохочения и рудосортировки.

Технологические схемы ЦПТ с усреднением руд не требуют сложных организационных и технических решений, поэтому и экономически им легче конкурировать со схемами, включающими колесный транспорт. Более того, необходимость транспортирования дробленной руды и наличие, как правило, одной нитки конвейеров значительно облегчают устройство усреднительных складов на поверхности. Поэтому циклично-поточная технология и получила в настоящее время наибольшее распространение в железорудной промышленности.

Комплекс производств, связанных с добычей и переработкой минерального сырья, является в нашей стране главным первичным источником загрязнения окружающей среды. В связи с вышеизложенным стратегия охраны окружающей среды состоит в том, чтобы в будущем базировать цивилизацию на избыточном и легкодоступном сырье, создавать заменители дефицитного минерального сырья, обеспечить кругооборот сырья, реализовать принципы безотходности, научиться управлять геологическими процессами.

Открытые горные работы оказывают постоянное, весьма ощутимое и наблюдаемое невооруженным глазом вредное воздействие на весь сложившийся природный комплекс района расположения месторождения. Воздействия приходится на земную поверхность, на поверхностные и подземные воды, на воздушный бассейн.

Основным источником техногенного поступления загрязняющих веществ (нитратов, нитритов, бензапирена, тяжелых металлов и т.д.) в почвы являются промышленные выбросы горнодобывающей, химической, металлургической и металлообрабатывающей промышленности.

Наиболее токсичными металлами являются кадмий, ртуть, свинец и сурьма. Многие тяжелые металлы обладают выраженным канцерогенным эффектом и длительным периодом полувыведения из организма, т.е. периодом времени, необходимым для снижения количества вещества в организме до половины посредством экскреции.

Литература:

1. Юматов Б.П., Секисов Г.В., Буянов М.И. Нормирование и планирование полноты и качества выемки руды на карьерах. – М.: Недра, 1987.
2. Пахомов Е.М., Буянов М.И. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. – Справочное пособие, 1990.
3. Михайлов Ю.В. Экологические основы недропользования: учебное пособие для студентов вузов. М.: Изд-во МНЭПУ, 2016 – 348с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕОЛИТОВ НА ТЕРРИТОРИИ МОНГОЛИИ

Марат Н., Буянов М.И., Рассказов А.А., Горбатов Е.С.

МГРИ – ИГГРУ, Москва, Россия

Цеолиты (с греческого – кипящий камень) – группа минералов – водные алюмосиликаты кальция и натрия из подкласса каркасных силикатов, отличающихся своей способностью поглощать и отдавать воду и другие жидкие компоненты, (в зависимости от размеров их молекул) при различных температурных режимах. Цеолиты широко используются в самых разных областях техники, строительстве нефтяной промышленности, медицине, в качестве катализаторов, сорбентов (поглощающих тяжёлые металлы, пестициды, нитраты, масла). Как ионообменники, цеолиты могут заменять ионы кальция и калия в их составе, забирая ионы токсинов. При температурных режимах, цеолиты формируют молекулярные сита, очищающие и обезвоживающие продукты нефтяной промышленности. Широкое использование цеолитов в медицине позволяют кроме прочего, применять их для выведения стронция цезия из организма человека после радиационного облучения.

Наиболее богатые цеолитоносные площади в Монголии приурочены к озёрным бассейнам, расположенным в пределах поздне мезозойских рифтогенных структур, вблизи палеовулканов. Среди них существует несколько районов промышленно перспективных цеолитопроявлений. Это зона Дзунбаинской системы прогибов (юго – восток Монголии), район озера Ихэ – Дзосу – Нур (восток Монголии), вблизи самона Мухну – Ханый (южно – Керуленская зона), горы Булганту (Гобийский Алтай) и др. регионы.

Основная часть цеолитового материала сформировалась в поздне юрское – раннемеловое время (Цзунбаинская, Цаганцабская свиты), в результате преобразования вулканического стекла исходных пепловых туфов, под воздействием нейтральных вод палеоозёр. Наиболее часто результатом такого взаимодействия становилось образование клиноптилолита. Реже встречается шабазит и феррьерит, при этом цеолиты характеризуются средним содержанием полезного компонента до 60 %.

Так как месторождения цеолитов здесь имеют вулканно – генноосадочный генезис и приурочены, как правило, к разновозрастным озёрным котлованом, то форма залежей имеет часто линзовидный характер.

Особенности разработок таких месторождений включают в себя несколько стадий:

- Предпроектные и проектные изыскания, проведение ОВОС;
- Оценка контуров, глубины залегания полезного компонента и его объём;
- Особенности состава цеолитов и его изменение на территории добычи;
- Подбор техники (в том числе для взрывных и вскрышных работ);
- Добыча при необходимости обогащение цеолитовых составляющих;
- Отгрузка и транспортировка полученного продукта;
- Оценка экономических затрат для работ;
- Особенности экологического состояния окружающей среды (ООС), а также разработка экозащитных мероприятий и рекультивации месторождения.

Предложенные методы, для территории Монголии необходимо внедрять непосредственно в районах месторождений цеолитов в процессе их разработки.

Для добычи полезных ископаемых используют различные способы разработки.

Открытая разработка включает два основных вида работ, выполняемых непосредственно с дневной поверхности: вскрышные работы — удаление пород, покрывающих и вмещающих полезное ископаемое (эти породы называют вскрышными или вскрышей), и добычные работы — извлечение полезного ископаемого. Вскрышные работы ведут с некоторым опережением по отношению к добычным. Необходимость удаления вскрышных пород — основной фактор, ограничивающий применение открытого способа разработки.

Свойства горных пород, влияющие на эффективность работы различного горнотранспортного оборудования и устойчивость уступов и бортов карьера, во многом определяются количеством содержащейся в них воды. Вода в породах находится в свободном и связанном состоянии. Свободная вода может находиться в виде капиллярной воды, удерживаемой в мелких порах силами капиллярного поднятия, и в виде гравитационной воды, заполняющей крупные поры и передвигающейся в породах под действием силы тяжести или давления. Физически связанная вода тесно соединена молекулярными силами притяжения с твердыми частицами породы, обволакивая их в виде пленки. Такая вода полностью удаляется из породы только нагреванием свыше 105—110 °С.

Особенно велико влияние воды на свойства глинистых пород, в которых вода содержится в основном в связанном виде — в виде гидридных оболочек, удерживаемых вокруг частиц глинистых минералов молекулярными силами. При увеличении внешних нагрузок на эту породу гидридные оболочки становятся тоньше, порода уплотняется и увеличивается ее прочность. При снижении нагрузок (в результате выемки вышележащих пород) глинистые породы способны интенсивно поглощать воду — набухать со значительным снижением прочности. Влажные пылеватые породы (супеси, легкие суглинки, глины) часто обладают тиксотропными свойствами — под влиянием динамических нагрузок (вибрации) разрушаются гидридные оболочки, породы практически мгновенно теряют связность и оплывают под пологими углами (до 3-5°). После устранения динамических нагрузок прочность пород восстанавливается.

При отсутствии глинистых и пылеватых частиц роль воды в структурных связях горных пород обычно мала и вода проявляет себя как чисто механический фактор, ослабляющий силы взаимодействия между частицами.

Литература:

1. Mavlet U., Enebish B., Mineral resources of Mongolian. – Ulaanbaatar, 1998. – 280p.
2. Петрова В.В. Низкотемпературные вторичные минералы и их роль в литогенезе (силикаты, алюмосиликаты, гидроксиды) / (Тр. Геол. ин-та; вып. 525). – М.: ГЕОС, 2005. – 247с.
3. Челищев Н.Ф., Володин В.Ф., Крюков В.Л., Ионообменные свойства природных высококремнистых цеолитов. – М.: Наука, 1988. – 128с.

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПЛЕКСА «БУЛЬДОЗЕР-ДРАГЛАЙН» НА ВСКРЫШЕ ГЛУБОКИХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ РОССЫПЕЙ.

Тивоненко В.А., Дробаденко В.П., Луконина О.А.

vlx888@list.ru, МГРИ-РГГУ, Москва, Россия

Известно, что с увеличением глубины вскрыши возрастает не только высота подъема пород на отвал, но и средняя длина транспортирования горной массы. Бульдозер же не является транспортной, а тем более подъемной машиной, поэтому его работа по выемке пород, т.е. по прямому его назначению в качестве землеройной техники резко уменьшается. В комплексе «бульдозер-драглайн» их совместная работа в одном вскрышном забое создает возможность выполнять каждому механизму такие операции вскрышных работ, в которых они конструктивно наиболее приспособлены. При этом бульдозер работает производительнее как землеройно-доставочная машина (в пределах разреза, блока) а функции транспортировки и подъема передаются - экскаватору-драглайну. Это значительно повышает производительность каждого агрегата (бульдозера более чем в 2 раза, драглайна - не менее 30%). Уменьшается себестоимость вскрышных работ и их удельная капиталоемкость за счет увеличения объёмов вскрыши в наиболее благоприятный период года без применения буровзрывных работ на мерзлых россыпях. Основной машиной этого комплекса является ЭШ 6/45М, а на более широких россыпях ЭШ 10/70А.

Рассмотрим некоторые технологические аспекты их применения. Опыт работы комплекса с проходкой аккумулялирующих траншей в Магаданской области, а также на прииске «Кулар» показал, что достигнутые высокие показатели весьма устойчивы в сложных горно-климатических условиях. При бульдозерно-экскаваторной вскрышке на многолетнемерзлых россыпях можно применять две технологические схемы: - при достаточной емкости экскаваторного отвала, обеспечивающей укладку полного объема горной массы, экскаватор перемещается по борту россыпи. Вдоль обоих бортов поочередно в пределах вскрышного уступа на определённую длину блока (в зависимости от ширины россыпи и глубины вскрыши) проходится аккумулялирующая траншея с предварительным рыхлением на глубину 0,6м. Наибольший объём вскрыши при этом определяется емкостью плоского отвала, отсыпаемого драглайном в несколько приемов; - при достаточной величине несущей способности пород вскрыши и объеме отвала превышающим наибольший по первой схеме, экскаватор устанавливается и перемещается на плоском отвале. При первом проходе по борту россыпи драглайном отсыпается плоский отвал (высота для указанных экскаваторов не более 4,0; 6,0; 10,0 метров). Ширина отвала поверху должна обеспечивать безопасную работу драглайна при втором и последующих проходах при его расположении на плоском отвале и должна быть не менее 10,0; 15,0 и 20,0 метров соответственно. При такой схеме вскрышных работ емкость отвала торфов значительно увеличивается, поскольку высота конечного отвала может превышать высоту разгрузки экскаваторов на указанную высоту плоских отвалов.

Таблица 1.

Наибольший объём вскрыши м ³ /тип драглайна	Глубина вскрыши торфов, м	Наибольшая ширина россыпи, м		
		Э-2505	ЭШ-6/45М	ЭШ-10/70А
698/Э-2505	2	340	1280	2950
2580/ЭШ-6/45М	4	170	640	1480
5950/ЭШ-10/70А	6	110	420	980
	8	80	314	740
	10	60	248	580
	12	46	204	480

Наибольшая ширина россыпи при работе комплекса с расположением драглайна на плоском отвале пород вскрыши и отсыпке отвалов на обоих бортах россыпи.

Таблица 2

Наибольшая ширина россыпи при работе комплекса с расположением драглайна на борту россыпи и отсыпкой отвалов на обоих бортах.

Наибольший объем вскрышим ³ /тип драглайна	Глубина вскрыши торфов, м	Наибольшая ширина россыпи, м		
		Э-2505	ЭШ-6/45М	ЭШ-10/70А
516/Э-2505	2	250	1000	2000
2010/ЭШ-6/45М	4	126	500	1050
4150/ЭШ-10/70А	6	80	300	680
	8	56	240	510
	10	42	190	400
	12	32	156	330
	14	22	130	280
	16	16	110	240
	18	-	94	210
	20	-	80	188
	22	-	70	166

Таблица 3

Расчетные производительности комплекса «бульдозер-драглайн» при различных сочетаниях и типов вскрышного оборудования.

Тип бульдозера	Расст. трансп., м	Производительность, м ³ /час	Э2505	ЭШ-6/45	ЭШ-10/70	ЭШ-10/70
			Производительность 206 м ³ /час	Производительность 316 м ³ /час	Производительность 484 м ³ /час	Производительность 519 м ³ /час
			Кол-во	Кол-во	Кол-во	Кол-во
T20	100	71	3	5	7	8
ДЭТ250	100	110	2	3	5	5
T25	100	169	2	2	3	3
D10R	100	189	2	2	3	3

Таким образом, применение комплексов целесообразно:

-на базе экскаватора Э-2505 – на россыпях шириной до 100м при глубине вскрыши 6м, а при меньшей на более широких россыпях.;

-на базе экскаватора ЭШ6/45М при россыпях шириной до 300м при глубине вскрыши 8м, а на более широких при меньших глубинах;

-на базе экскаватора ЭШ10/70А на россыпях шириной до 300м при глубине вскрыши 16м, а при глубине 10м – на россыпях шириной до 500м.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НАПРЯЖЕННОСТЬ ГОРНЫХ ДОЛИН СЕВЕРНОГО КAVKAZA

Алборов И.Д., Тедеева Ф.Г., Гриднев Е.А., Алборов С.Т.
ekoskgmi@rambler.ru, Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия

Составной частью горной агломерационной системы является долина, по которой протекает река и к которой привязана вся система жизнедеятельности проживающего здесь населения.

Современный уровень антропогенной нагрузки на горные долины Северного Кавказа достаточно высок, при этом распределение нагрузки по разным долинам крайне неравномерно.

Горные долины северных склонов Кавказского хребта отличаются специфичностью сформировавшейся здесь экосистемы. Следует отметить существенную изоляцию этих долин, с точки зрения распространения водных и воздушных потоков. Помимо этого, для них характерным является концентрация склонового сноса в тальвегах и мозаичная микроклиматическая обстановка. В настоящее время резко возрос спрос на ценные горные ландшафты в качестве рекреационного ресурса. В первую очередь это связано с тем, что современные процессы урбанизации и индустриализации приводят к психологическим перегрузкам жителей городов, что вынуждает их искать спокойные места для отдыха, лишённые техногенного давления и тяготеющие к первозданной природе. Таким образом ценность величественных гор с чистым воздухом, водой и первозданной тишиной повышается не только с точки зрения пользы для здоровья, но и с эстетической – близость к природе способствует снятию стрессовых состояний. Таким образом все эти факторы приобрели осязаемое экономическое значение. Горные санаторно-курортные комплексы и горный туризм в ряде стран являются весьма существенным источником дохода.

Наиболее напряжённая экологическая ситуация сложилась в тех долинах, в которых недропользование приобрело индустриальный характер, где функционируют горно-обогатительные комплексы с развитой сетью автомобильного транспорта и сформировалась соответствующая социальная инфраструктура.

Горно-промышленная система является совокупностью природного и техногенного рельефа, составляющей экосистемы, в которой происходит естественный оборот реципиентов и комплекс взаимосвязанных необходимых объектов техногенеза для удовлетворения потребностей проживающего здесь населения. Составной частью горно-промышленной системы является долина, в которой, как правило, протекает река.

К ним следует отнести долины рек Ардон, Фиагдон (Республика Северная Осетия - Алания), Баксан (Кабардино-Балкарская Республика), Кубань (Карачаево-Черкесская Республика).

Ареалы тяжелых металлов в донных отложениях упомянутых поверхностных водотоков практически отражает аккумулятивный интегральный эффект загрязнения вод.

Существенное повышение содержания ряда металлов в донных отложениях достоверно документировано в отношении техногенной составляющей на природную. Хорошая корреляция техногенных ареалов в донных отложениях и в воде, позволяет применять эти два метода в комплексе, или взаимно заменяя их. По данным донного опробования можно определить участки загрязнения, на которых необходимо проводить мониторинг загрязнения воды методами гидрохимии.

В других долинах более благоприятная экологическая обстановка. В то же время, намечившаяся переориентация горнорудной промышленности с рудного на нерудное сырье связана с изменением, как технологий производства, так и с географией его размещения - идет освоение высокогорных ландшафтов подкарновой зоны, ранее используемых в качестве пастбищ, туристического, рекреационного кластера и т.д.

Ожидаемые изменения вызовут дополнительные социально- миграционные процессы, широкомасштабные изменения инфраструктуры и, в конечном итоге, существенные деформации экологической обстановки в ряде горных долин восточного склона Главного Кавказского Хребта.

В настоящее время антропогенный процесс является ведущим фактором в формировании фаунистических комплексов. При этом стремительность трансформации ландшафта не дает возможность многим видам адаптироваться к меняющимся условиям. В тоже время пластичные виды, имеющие широкий ареал обитания, значительно увеличивают свою численность. Например, наблюдается синантропизация некоторых аборигенных пластичных видов орнитофауны: клушица (*Ruphosa rufhosa*), альпийская галка (*Ruphosa rufhosa*) и др. Эти тенденции, по-видимому, будут усиливаться в ходе дальнейшего вовлечения экосистем в хозяйственный оборот.

Введение мониторинга растительного и животного мира по своей периодичности не может осуществляться в режиме мониторинга атмосферы и геологической среды, но он должен входить в качестве составной части регионального мониторинга. При этом принципиальное значение имеет подвижность биосистем в отличие от косных сред.

Анализ выполненных исследований показывает, что уровень загрязнения окружающей природной среды, несмотря на заметный спад производства, имеет тенденцию к росту. В зоне деятельности законсервированных горноперерабатывающих объектов техногенное загрязнение аккумулировано в почвенном горизонте, с высоким показателем валового содержания тяжелых металлов и их подвижных ионов, способных мигрировать в растительные сообщества, включая многолетние и однолетние сельскохозяйственные культуры, возделываемые в хозяйствах местного населения. Поэтому при перспективном социально-экономическом освоении этих территорий требуется учет загрязнения и развития процессов деградации компонентов природной среды.

Для решения поставленной задачи предлагаются новые подходы с использованием методов математического моделирования. Наиболее адекватным представляется системный подход, с использованием моделирования разных уровней. В качестве объектов исследований принимаются три горнопромышленные наиболее высокие горные экологические системы: долина реки Ардон, долина реки Фиагдон, долина реки Баксан. В качестве эталонного объекта выбрана долина реки Фиагдон. Этот выбор обусловлен, как разнообразием сложившегося в долине природно-техногенного комплекса, так и полными, прогнозируемыми в ближайшее время, экономическими и социальными изменениями, для осуществления которых необходим учет сложившейся экологической обстановки и научно-обоснованный прогноз её развития.

Выводы

Экологическая обстановка в долине реки нуждается в оздоровлении путем принятия специальных организационных, технических и технологических мер по снижению техногенной нагрузки на экосистему.

Загрязнение в зоне деятельности техногенных образований, особенно в почве, способствует фрагментарной изменчивости ландшафта, приводящих к истощению биоразнообразия вплоть до исчезновения отдельных его видов.

Литература

1. Алборов И.Д., Тедеева Ф.Г., Кантемиров В.В., Статова Ю.Г. Состояние окружающей среды в зоне деятельности хвостохранилища Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината. *Technologies and Practices in Underground Mining and Mine Construction*. Devin, Bulgaria. October, 2012. pp.122-125.
2. Ильин С.А. Нагорные карьеры мира. Часть 1. Нагорные карьеры дальнего зарубежья. М.: ИАЦ ГН, 1993.- 224с.
3. Тимошкин Г.А., Беседин Э.И., Никколова Б.С. Отчёт по эколого-геохимической оценке состояния окружающей среды санаторно-курортных зон Северного Кавказа, 1988г. 85с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОЙ ДОЛИНЫ

Алборов И.Д., Тедеева Ф.Г., Цгоев Т.Ф., Бязрова А.А.

ekoskgmi@rambler.ru, Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия

Техногенное освоение горных экосистем имеет многофакторный негативный характер по воздействию на компоненты природной среды и зависит от географии, направления деятельности, продолжительности, формы и интенсивности техногенного освоения территории. Горы имеют действительно решающее значение для достижения устойчивого развития не только потому, что они занимают около пятой части суши Земли и непосредственно обеспечивают средства к существованию примерно десятой части ее населения. Горы поставляют не только необходимые ресурсы (включая, например, половину мировых запасов пресных вод), обеспечивающие жизнеспособность мировой системы, но при неправильном управлении этими ресурсами, связанным с нерациональным природопользованием, горы в равной степени могут оказать опустошающее воздействие на прилегающие к ним низменности.

Следует отметить, что горный рельеф создает существенные различия в климатических условиях на относительно небольших расстояниях. Поэтому именно от горного массива и его геоэкологического состояния зависит водонасыщение низменностей и формирование их климата за счёт активизации атмосферных процессов, связанных с перемещением воздушных масс и соответствующими колебаниями температуры.

Наиболее приемлемой и достаточно корректной альтернативой антропогенного давления на состояние горной долины является разработка моделей, опирающихся на ограниченный объем наблюдений, но достаточно адекватных моделируемому объекту, в рамках требований поставленной задачи. При этом достоверность моделей будет зависеть от их уровня. Уровень модели, в свою очередь, определяется качеством и формами имеющихся данных параметров модели. Так, при отсутствии достаточного объема количественной информации не приемлема компьютерная реализация модели. В этом случае, в соответствии с поставленной задачей, и на основе специального анализа, может быть реализована концептуальная модель - модель «основанная на четкой гипотезе, не имеющая в настоящее время математического решения». Она состоит из трех основных свойств: общности, реальности и точности. Может быть реализовано два её свойства - общность и реальность - 2-ой класс моделей по Левипсу, что в ряде случаев может быть достаточным для решения поставленной задачи. Кроме того, в дальнейшем такая модель может управлять процессом сбора новых данных, обеспечивающих возможность формализованного подхода и развития концептуальной (гипотетично-дедуктивной) модели в структурированную модель с компьютерной реализацией.

Анализ выполненных исследований по освоенным горным территориям показывает, что уровень загрязнения окружающей природной среды, как минимум, не отвечает требованиям экологических и санитарно-гигиенических норм, а в некоторых случаях во много раз превышает нормативные требования. Это свидетельствует о том, что хозяйственное освоение горно-промышленных территорий требует системного подхода, с тщательным изучением деформированных ландшафтов, причин и путей их формирования, а так же современного экологического состояния. Помимо этого, необходимы разработки научно-обоснованных мероприятий по восстановлению или предотвращению дальнейших деградаций компонентов природной среды, установлению приемлемых и экологически безопасных границ эффективного использования горных ландшафтов в хозяйственных и других целях при перспективном социально-экономическом их освоении.

Изучение и анализ материалов, полученных по результатам исследования долины, подтвердило факт того, что наиболее реальным и достаточно адекватным является метод концептуального моделирования, на основе полученных описаний геоэкологических процессов и графических построений.

Для этой цели был выбран эталон экосистемы «Горная долина» по следующим причинам:

- долина реки Фиагдон расположена в центральной горной части Северной Осетии, симметрично относительно других долин, что может иметь определяющее значение в распределении признаков географического характера;

- параметры реки Фиагдон (расход, протяженность, климатические факторы) близки к средним параметрам для региона;

- геологический разрез по низинам реки наиболее дифференцирован, что может оказывать влияние на химизм почв и грунтовых вод.

В пределах долины сформировался развитый многокомпонентный, но достаточно компактный природно-техногенный комплекс, включающий такие зоны как:

а) природоохранные – Северо-Осетинский государственный природный заповедник, федеральный ландшафтный заказник «Цейский»;

б) рекреационные - социально-оздоровительный комплекс «Хилак», климатический детский санаторий, филиал турбазы «Алагир», места неорганизованного отдыха городского населения;

в) хвостохранилище, карьеры по добыче и переработке нерудного сырья;

г) селитебные - урбанизированный посёлок Фиагдон, а так же агрохозяйственные и селитебные провинции;

д) агро-животноводческие - отгонные пастбища, сенокосные угодья, овцеводческие фермы, свиноводческие фермы и фермы крупного рогатого скота;

ж) линейные - газопровод и автодорога, с асфальтным покрытием и с мобильными источниками загрязнения.

Выводы

Наиболее адекватную и достаточно точную оценку состояния окружающей среды может обеспечить только «площадной» подход, подразумевающий комплексную геоэкологическую оценку изучаемой территории.

Для выявления тенденций развития ситуации связанной с состоянием различных компонентов окружающей среды необходимо систематическое проведение мониторинга и статистический анализ полученных результатов, с последующим принятием управленческих решений.

Накопленный за длительное время экологический ущерб окружающей среде в зоне деятельности техногенных комплексов, способствует её деградации и фрагментарной изменчивости ландшафтов, что неминуемо приводит к истощению биоразнообразия, вплоть до исчезновения различных его видов.

Существующая на сегодняшний день экологическая обстановка нуждается во всеобъемлющем оздоровлении, путем применения специальных методологических, организационных и технологических мер по снижению антропогенной нагрузки на экосистему горных ландшафтов для восстановления устойчивых форм ее функционирования.

Литература

1. Бекжанов Г.Р., Бугаев А.Н., Лось В.Г. Геологические модели при прогнозировании ресурсов полезных ископаемых. «Недра», М., 1987, 140с.
2. Оценка эколого-геохимической обстановки в районе деятельности Садонского свинцово-цинкового комбината. Отчет МГУ за 1990-1994, 138с.
3. Фиापшев Б.Х. Высокогорные почвы центральной части Северного Кавказа. Нальчик: Изд-во КБГСХА, 1996. 137с.
4. Ромашкевич А.И. Горное почвообразование и геоморфологические процессы. -М.: Наука. 1988. 150с.
5. Молчанов Э.Н. Формирование горно-луговых черноземовидных почвы высокогорий Северного Кавказа. // Почвоведение, 2008, №12, с. 1438-1452

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕОЛИТОВ НА ТЕРРИТОРИИ МОНГОЛИИ

Буянов М.И.¹, Рассказов А.А.², Горбатов Е.С.³,

mjoja05@gmail.com, 1 - МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

2 -РУДН, Москва, Россия

3 -ИФЗ РАН, Москва, Россия

Цеолиты (с греческого – кипящий камень) – группа минералов – водные алюмосиликаты кальция и натрия из подкласса каркасных силикатов, отличающихся своей способностью поглощать и отдавать воду и другие жидкие компоненты, (в зависимости от размеров их молекул) при различных температурных режимах. Цеолиты широко используются в самых разных областях техники, строительстве нефтяной промышленности, медицине, в качестве катализаторов, сорбентов (поглощающих тяжёлые металлы, пестициды, нитраты, масла). Как ионообменники, цеолиты могут заменять ионы кальция и калия в их составе, забирая ионы токсинов. При температурных режимах, цеолиты формируют молекулярные сита, очищающие и обезвоживающие продукты нефтяной промышленности. Широкое использование цеолитов в медицине позволяют кроме прочего, применять их для выведения стронция цезия из организма человека после радиационного облучения.

Наиболее богатые цеолитоносные площади в Монголии приурочены к озёрным бассейнам, расположенным в пределах поздне мезозойских рифтогенных структур, вблизи палеовулканов. Среди них существует несколько районов промышленно перспективных цеолитопроявлений. Это зона Дзунбаинской системы прогибов (юго – восток Монголии), район озера Ихэ – Дзосу – Нур (восток Монголии), вблизи самона Мухну – Ханый (южно – Керуленская зона), горы Булганту (Гобийский Алтай) и др. регионы.

Основная часть цеолитового материала сформировалась в поздне юрское – раннемеловое время (Цзунбаинская, Цаганцабская свиты), в результате преобразования вулканического стекла исходных пепловых туфов, под воздействием нейтральных вод палеозёра. Наиболее часто результатом такого взаимодействия становилось образование клиноптилолита. Реже встречается шабазит и феррьерит, при этом цеолиты характеризуются средним содержанием полезного компонента до 60 %.

Так как месторождения цеолитов здесь имеют вулcano – генноосадочный генезис и приурочены, как правило, к разновозрастным озёрным котлованам, то форма залежей имеет часто линзовидный характер.

Особенности разработок таких месторождений включают в себя несколько стадий:

- Предпроектные и проектные изыскания, проведение ОВОС;
- Оценка контуров, глубины залегания полезного компонента и его объём;
- Особенности состава цеолитов и его изменение на территории добычи;
- Подбор техники (в том числе для взрывных и вскрышных работ);
- Добыча при необходимости обогащение цеолитовых составляющих;
- Отгрузка и транспортировка полученного продукта;

- Оценка экономических затрат для работ;
- Особенности экологического состояния окружающей среды (ООС), а также разработка экозащитных мероприятий и рекультивации месторождения.

Предложенные методы, для территории Монголии необходимо внедрять непосредственно в районах месторождений цеолитов в процессе их разработки.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОДЪЕМА ГЛУБОКОВОДНЫХ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ.

Вильмис А.Л.

drobadenko@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Россия, обладая мощной минерально-сырьевой базой, по некоторым видам минерального сырья, в частности по марганцевым и хромитовым рудам в ближайшем будущем будет испытывать дефицит. Для восполнения минерально - сырьевой базы этих и других ценных минералов необходимо искать дополнительные источники, в частности на глубоководных участках дна Мирового океана [1].

Железомарганцевые конкреции (ЖМК) Мирового океана представляют собой комплексную руду, основными компонентами которой являются Mn, Ni, Cu и Co.

К настоящему времени в провинции Клариион-Клиппертон Тихого океана выявлено уникальное комплексное месторождение ЖМК с прогнозными ресурсами 400 – 450 млн т. руды. Россия имеет сертификат на геологоразведочные работы и организацию опытно-промышленной добычи ЖМК на отведенном участке в этой рудоносной провинции и долевое участие в работе СО «Интерокеанметалл» в том же регионе. В 2016 г. истек срок действия 15-летнего контракта на разведку, который продлен на срок до 5 лет. Затем МОМД вправе передать этот богатейший участок другим странам – участникам Международной конвенции по морскому праву ООН (1982 г.) [2].

Геологоразведочные работы российской стороной в целом выполняются, но включенные в контрактные обязательства научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, подтверждающие возможность получения конечного продукта и инвестиционную привлекательность проектов в настоящее время, проводятся в крайне ограниченных объемах не имея достаточного финансового обеспечения.

Одним из наиболее сложных по исполнению контрактных обязательств являются разработка и испытание в опытном режиме технологии добычи ЖМК. По состоянию на текущий момент российские достижения в этой сфере ограничиваются лишь морально устаревшим техническим проектом, разработанным институтом ВНИИПОкеанмаш, конструкторским бюро «Южное» и ЦКБ «Восток» еще в период СССР [3,4,5].

При разработке месторождений Мирового океана должны проводиться следующие технологические операции, определяющие структуру промышленного комплекса: сбор и выемка горной массы на дне; подъем на поверхность; поддержание добычного комплекса на поверхности океана; транспортировка твердых полезных ископаемых (ТПИ) в порты и к месту переработки.

Первые две (сбор и выемка горной массы на дне и подъем на поверхность), наиболее конструктивно сложные системы, определяющие способ разработки глубоководных месторождений, производительность и режим работы всего предприятия, представляют собой добычной комплекс.

Сотрудниками МГРИ-РГГРУ разработана перспективная промышленная система выемки с трубопроводной системой подъема, (в частности с загрузочными аппаратами) и самоходным агрегатом сбора, с установкой между ними буфера, который располагается на торце транспортного трубопровода и защищает агрегаты сбора от динамических нагрузок трубопровода и судна, а также несет на себе отдельное оборудование.

Использование в придонной части загрузочных аппаратов с коаксиально закрученными струями при подъеме ЖМК на борт судна может решить основные трудности, присущие трубопроводам, и в частности, гидравлическим системам подъема. Это, прежде всего, исключит контакт транспортируемых частиц с движущимися и проточными частями напорных агрегатов, обуславливающий абразивный износ последних и переизмельчение полезного ископаемого в процессе подъема. Даст возможность создать и доставить на плавсредство гидросмесь высокой плотности, а также использовать вместо низконапорных грунтовых насосов значительно более мощные, работающие на воде, и самое

главное, использовать для гидроподъема камерные аппараты не требующие, как правило, высоких степеней дробления исходного материала.

Загрузочные аппараты в системе глубоководного гидроподъема технологически должны размещаться на погружной платформе, сообщенной с добычным судном основного транспортного трубопровода и системы кобелей и тросов.

Слив замещаемой в процессе загрузки железомарганцевых конкреций технологической воды, в значительной степени насыщенной осадками и вмещающими породами, осуществляется в придонной части океана, в районе проведения добычных работ, что играет основную роль в обеспечении экологической безопасности предложенной гидроподъемной системы. Причем сброс может осуществляться непосредственно с погружной платформы, что до некоторой степени увеличит мутность водных толщ в районе добычных агрегатов, затрудняя работу следящей телеаппаратуры.

Предпочтительнее вариант, где предусмотрен слив технологической воды по гибким трубопроводам а выработанное пространство, что позволит значительно увеличить эффективность работы всего комплекса технических средств в целом.

Таким образом, по трубопроводу на плавсредство будет поступать в значительной степени уже отмытые конкреции, что в свою очередь, значительно упростит технологическую схему отделения твердого материала на борту плавсредства, а также резко сократит количество взвешенных частиц на сливе, т.е. обеспечит быстрое разбавление взвесей до минимальных концентраций.

Это позволит в принципе предотвратить загрязнение поверхности океана и основных водных толщ, а относительно высокая плотность сливаемой гидросмеси соответственно будет способствовать более быстрому осаждению твердой части и ускоренному восстановлению биоценоза в районе проведения добычных работ.

При этом разработанная система гидроподъема твердых полезных ископаемых дает возможность избежать попадание в верхние толщи радиоактивных элементов и тяжелых металлов, аккумулируемых морскими организмами и животными, питающихся фито- и зоопланктоны, вызывающих гибель личинок и рыб [5,6].

Литература:

1. Дробаденко В.П., Малухин Н.Г., Вильмис А.Л., Щемеров А.А. Технология и технические средства для освоения прибрежно-морских шельфовых месторождений. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 5. С. 58-61.
2. Дробаденко В. П., Малухин Н. Г., Вильмис А. Л., Козлов М. Ю. Морские испытания новой технологии подводной добычи алмазосодержащих пород на шельфе Намибии. Общественно-научный журнал «Вестник Российской академии естественных наук», 2013/6.1, том 13. С. 71-75.
3. Малухин Н.Г., Дробаденко В.П., Вильмис А.Л. Научно методическое обоснование эрлифтного гидроподъема при освоении месторождений дна морей и океанов. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S11. С. 51-60.
4. Дробаденко В.П., Луконина О.А., Вильмис А.Л. Полифункциональная установка на основе использования коаксиальных закрученных струй для моделирования новых гидротранспортно-подъемных технологий. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 3. С. 297-301.
5. В.П. Дробаденко, Н.Г. Малухин, А.Л. Вильмис, Р.В. Кудряшов. Исследование особенностей истечения струй центробежных насадок в загрузочных аппаратах напорного гидротранспорта. Общественно-научный журнал «Вестник Российской академии естественных наук», 2013/6.1, том 13.
6. Вильмис А.Л. Аналитическая оценка и систематизация загрузочных аппаратов камерного типа. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S11. С. 168-177.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ СЕЛИТЕБНЫХ ЗОН ГОРОДА ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ

Гриднев Е.А., Цгоев Т.Ф., Мамниашвили Р.В.

ekoskgmi@rambler.ru, Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия

На территории Республики Северная Осетия-Алания имеет место достаточно высокая концентрация таких отраслей народного хозяйства, как цветная металлургия, электронная, химическая, пищевая и перерабатывающая промышленность. Это сказывается на экологическом состоянии природных объектов Республики, особенно города. Владикавказ. Накопление техногенных загрязнителей в почвах города происходило в течение всего периода урбанизации территории. При этом именно почва становится одним из основных и постоянно действующих источников поступления тяжелых металлов в растения. Исходя из вышесказанного, возникает острая необходимость исследований и объективной оценки степени влияния техногенеза на компоненты биосферы. Весьма важным является комплексный подход к изучению степени влияния различных источников загрязнения на функционирование почв города. При этом почвенный фактор имеет большое значение в определении вертикальной миграции тяжелых металлов. Важную роль в этом играют различные виды растений, корневая система которых способна удерживать определенное количество катионов тяжелых металлов.

Свинец не является физиологически приемлемым элементом для организма человека. Основными источниками загрязнения окружающей среды свинцом являются автотранспорт и стационарные источники предприятий цветной металлургии.

Свинец и его неорганические соединения в зависимости от их агрегатного состояния и характера контакта с ними могут проникать в организм через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт и частично через кожные покровы. Безопасный суточный уровень поступления металла для человека колеблется в пределах 0,2 – 2 мг. Наиболее опасным для человека является пыление загрязненных свинцом почв. При этом следует учитывать, что, как правило, в селитебной зоне города открытых почв бывает значительно больше, а именно здесь человек проводит большую часть своей жизни. Здесь расположено большое количество различных детских учреждений.

Поскольку загрязнению тяжелыми металлами в основном подвергаются открытые почвы, не запечатанные под твердые покрытия (асфальт, бетон, строения), важным является не только их очистка от повышенного содержания тяжелых металлов, но и подавление пыления с помощью травянистой растительности и удержание пыли из воздуха древесными породами.

Травянистые растения, активно поглощающие тяжелые металлы могут за несколько лет существенно очистить почву от загрязнения. Так, например, Гречиха сахалинская (*Polygonum sachalinense*) в течение 1 года с 1 га почвы может поглотить до 24 кг свинца и около 2 кг кадмия. Наиболее ярко эту способность проявляют травянистые растения, относящиеся к семейству бобовых, депонируя тяжелые металлы в вегетативных частях.

Следует отметить тот факт, что, если в течение года 1 га хвойных пород деревьев способен задержать 40 тонн пыли, лиственные породы задерживают до 1000 тонн. Например, в городском парке, по сравнению с другими участками его территории, запыленность воздуха снижается на 42%. Поэтому целесообразно проводить озеленение города Владикавказа, с использованием таких древесных пород, как каштаны и липы.

Под созданием защитного биологического барьера для селитебной зоны г. Владикавказа от загрязнения почв тяжелыми металлами, в частности свинцом, подразумевается максимальное использование открытого грунта под посадку многолетних травянистых растений, поглощающих подвижные формы тяжелых металлов (ионы) из загрязненных почв, особенно декоративные бобовые культуры. Если с запечатанных под твердые покрытия

почв, тяжелые металлы периодически смываются ливневыми водами, то на открытых почвах происходит пропитывание почв и депонирование этих металлов, в виде загрязнения.

Помимо промышленной зоны города существенный вклад в загрязнение его почв вносит автотранспорт, на протяжении долгих лет использовавший бензин с солями свинца, в качестве присадки. Общая площадь города составляет 291 км², при этом имеются значительные участки открытых почв, которые никак не обрабатываются, и не используются в зеленом строительстве.

Используя травянистые растения армерию (*Armeria*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*) и полынь обыкновенную (*Artemisia vulgaris*), с целью постоянной фитозэкстракции тяжелых металлов из почв города, в сочетании с увеличением посадки многолетних древесных пород каштана конского (*Aesculus*) и липы сердцевидной (*Tilia cordata*), можно в течение нескольких лет преодолеть накопившееся ранее многолетнее загрязнение почв тяжелыми металлами и поддерживать их состояние на приемлемом уровне.

Поскольку армерия и одуванчик лекарственный являются низкорослыми растениями, они не нарушат общей концепции дизайнерского озеленения улиц города. Полынь обыкновенная более рослое растение, способное достигать в высоту до 1,5 – 2,0 м, поэтому ее использование может быть несколько ограничено – чаще всего в лесополосах санитарно-защитных зон предприятий.

Для формирования биологического защитного барьера селитебной зоны г. Владикавказа предлагается использовать перечисленные широко распространенные травянистые растения и древесные породы, которые хорошо адаптированы к климату Северной Осетии.

Активно поглощает свинец из почв и из воздуха и тополь черный (*Populus nigra*), но поскольку при цветении весной он образуется «тополиный пух», часто вызывающий аллергические реакции у населения, для озеленения селитебной зоны, как в целом территории города, он не подходит.

После того, как растения будут высажены на место своего постоянного произрастания, с целью активизации поглощения из почвы свинца, необходимо провести её обработку препаратом «Биомос-Т» для максимального перевода в подвижную форму присутствующих в почве тяжелых металлов и поглощения их специально подобранными растениями.

Преимущество «Биомоса-Т» состоит в том, что он является органическим препаратом, получаемым из растительного отхода - ботвы томатов, поэтому не представляет угрозы дополнительного загрязнения почвы, в случае передозировки. Обработку проводят однократно в период начала активной вегетации растений. «Биомос-Т» вносится в жидком виде на всю площадь озеленения с помощью обычного полива. Данная процедура повторяется каждую весну один раз в год. Дозировка внесения устанавливается в зависимости от степени загрязнения участка почвы и видов растений, посаженных для фитозэкстракции тяжелых металлов. В среднем требуется 1 г/кг «Биомоса-Т» для активизации поглощения тяжелых металлов из почвы на 60-80%. Периодический мониторинг за состоянием почвенного покрова проводится ежеквартально в течение II – IV кварталах года.

Литература

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А. Микроэлементозы человека.- М: Медицина. 1991. - 496с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев – Л.: Агропромиздат, 1987. – 141с.
3. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. - М.: Наука, 1986.
4. Измеров Н.Ф. Свинец и здоровье. Гигиенический и медико-биологический мониторинг. - М.: Медицина. 2000. - 256с.
5. Юскевич Н.Н., Луниц Л.Б. Озеленение городов России. - М.: Россельхозиздат, 1986.
6. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ / (Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг, О.В. Глебова и др.).- М.: Наука; МАИК «Наука-интерпериодика», 2000.

ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ ШТАБЕЛЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СРЕДСТВАМИ ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ.

Дробаденко В.П., Вильмис А.Л., Луконина О.А., Салахов И.Н.

ilmirest@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Принципы кучного выщелачивания известны для разных горнотехнических условий и с учетом специфических особенностей применяют множественные его варианты.

Формирование штабеля в настоящее время производится различными способами и зависит прежде всего от свойств руды. Все известные способы его сооружения связаны с использованием сухойройной техники –грейферами, бульдозерами до отсыпки погрузчиками автосамосвалами и конвейерами. Для формирования штабеля по его поверхности перемещаются различные механизмы, что ведет к уплотнению массива и ухудшению его фильтрационных характеристик; особенно для горной массы, содержащей значительное количество глинистых частиц.

Нами предлагается сооружения штабеля для кучного выщелачивания производить средствами гидромеханизации с применением загрузочно-транспортных аппаратов, новизна которых подтверждена патентами РФ. Они позволяют формировать и транспортировать высоконасыщенную гидросмесь с объемной концентрацией ~35-40% и сооружать штабель с относительно крутыми уклонами. При этом он не теряет своих фильтрационных свойств и при орошении раствора реагента обеспечивается доступ к выщелачиваемому металлу.

Процесс намыва штабеля может осуществляться одной или двумя парами загрузочно-транспортных аппаратов (в зависимости от производительности). При этом формирование штабеля может производиться с использованием в качестве транспортирующей жидкости как воды, так и раствора реагента. Эти растворы будут находиться в замкнутом циркуляционном потоке: загрузка ёмкости – её разгрузка – гидротранспортирование – намыв штабеля – фильтрация раствора реагента в штабеле – сбор продуктивного раствора в отстойнике и повторная подача насосом (можно использовать песковый или грязевый насосы) в емкость, заполненную твердым осевшим исходным материалом для её разгрузки и подачи на штабель. По мере насыщения продуктивного раствора растворенным металлом, часть его удаляется из процесса на сорбцию, а циркуляционный поток восполняется свежим раствором реагента. Последующее выщелачивание штабеля осуществляется посредством орошения по традиционной схеме.

Первый вариант предусматривает проведение выщелачивания на стадии подачи горной массы в транспортную систему при загрузке твердого материала в загрузочно-обменные емкости новой гидротранспортной установки, с использованием закрученных кольцевых струй жидкости при пульпоприготовлении. Выщелачивающий раствор в виде закрученного потока нагнетается в загрузочно-обменную емкость гидротранспортной установки и, таким образом, подача руды к площадке осуществляется нагнетанием по трубопроводу в виде высоконасыщенной смеси реагента и горной массы (50-55% по объему). В завершающую стадию процесс выщелачивания вступает при формировании штабеля путем торцевого либо рассредоточенного намыва горной массы на подготовленное основание. Такая последовательность проведения основных операций обеспечивает полный контакт выщелачиваемой руды и реагента при их постоянном перемешивании и позволяет резко повысить степень и скорость извлечения полезного компонента при высокой производительности в целом.

Путем выбора соответствующих режимов пульпоприготовления и гидротранспортирования этот способ дает возможность осуществлять управляемый намыв штабеля при остаточной концентрации реагента на уровне санитарных норм для промышленной зоны, что позволяет полностью устранить образование вредных аэрозолей с опасностью их ветроуноса и обеспечить безопасность ведения работ и высокую степень экологической чистоты способа.

Второй вариант формирования штабеля руды методом намыва заключается в использовании в качестве пульпообразующей и гидротранспортирующей среды воды, не содержащей выщелачивающих реагентов. Этот способ может быть также применен при использовании для выщелачивания агрессивных реагентов, при значительном разбавлении раствора выщелачивающего реагента в процессе обесшламливания перед созданием высоконасыщенной пульпы, транспортировки и формирования штабеля. При намыве штабеля водой он имеет все преимущества рыхлой структуры.

Подача рабочих реагентов в процессе проведения кучного выщелачивания (или довыщелачивания), отмывки и обезвреживания штабеля по ранее проложенным при намыве распределительным трубопроводам и выпускным патрубкам в дискретные точки штабеля обеспечивает равномерность поступления и прохождения вышеперечисленных компонентов через породу и не требует сооружения специальной системы орошения.

Регулирование расхода в процессе подачи на штабель выщелачивающих растворов, оборотной технологической воды или обезвреживающих растворов для управления процессом намыва, обеспечит высокую эффективность проведения завершающих технологических процессов и возможность осуществления оперативного контроля и корректировки непосредственно при проведении соответствующих технологических операций.

Непосредственно процесс намыва штабеля представляет собой организованное осаждение горной массы из потока по поверхности будущего сооружения – штабеля для КВ. за счет осаждения горной массы формируется тело возводимого сооружения. Водный поток, несущий твердый материал, изливаясь из труб, растекается по поверхности сооружаемого штабеля и откладывает твердое на этой поверхности. Частично же водный поток за счет фильтрации уходит в тело штабеля, а частично организованно или самопроизвольно стекает с территории возводимого сооружения, уносит с собой часть мельчайших частиц горной массы. Течение потока гидросмеси по поверхности намываемого штабеля является чрезвычайно сложным движением неоднородной жидкости по руслу непостоянного уклона и шероховатости, при этом расход постоянно уменьшается и концентрация твердого в жидком и крупность транспортируемого материала также снижается.

По мере растекания гидросмеси по поверхности уже намываемого материала скорость её движения уменьшается за счет самого растекания и в результате потери части воды из потока за счет фильтрации через сооружаемый штабель. С уменьшением скорости движения гидросмеси транспортирующая способность потока уменьшается пропорционально, примерно кубу средней скорости потока, что вызывает осаждение частиц по мере движения гидросмеси.

При плавном расширении потока и постепенном снижении скоростей потока на достаточно большом расстоянии все твердые частицы будут осаждаться на дно по фракциям, начиная с крупных и заканчивая самыми мелкими.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
ЛЕГКОВСКРЫВАЕМОЙ ЧАСТИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ НИОБИЙ-
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМТОР**

Бугриева Е.П., Дякин В.И., Селивановский А.К.

otdel-a@vniiht.ru, АО «ВНИИХТ», Москва, Россия

Ниобий-редкоземельные руды месторождения Томтор являются труднообогатимыми и трудновоскряваемыми. Несмотря на усилия обогатителей в процессе разведки месторождения, кондиционных концентратов пирохлора и монацита получить не удалось. Методы физического обогащения руд (флотация, магнитная сепарация, гравитация) оказались не эффективными. Для прямой переработки добытой руды предложено несколько вариантов, но все они высокочрезмерно затратны.

При проведении работ по количественному определению форм нахождения редкоземельных элементов (РЗЭ) в глинистых рудах Южного Китая, Урала и Приморья было установлено, что значительная часть РЗЭ может находиться в рудах в сорбированной и легкоизвлекаемой формах (ЛИФ), которые можно перевести в солевые или слабокислые растворы. Разработанная методика была испытана на пробах каолинит-крандалитовых руд Томтора (участок Буранный) и показала, что значительная часть РЗЭ в них находится в легкоизвлекаемой форме.

Для количественной оценки сорбированных и легкорастворимых форм РЗЭ был проведен анализ проб по методике, разработанной в АО «ВНИИХТ». Были изучены лабораторно-технологические пробы:– ТР и ПРТ-3 массой 7,0 и 150 кг, соответственно, и керновые пробы участка «Буранный» - №№ ТР-1к, ТР-2к, ТР-3к, отобранные с рудного каолинит-крандалитового горизонта из скважины № 6048. Керновые пробы характеризуют в различной степени измененные (каолинизированные) редкоземельно-фосфатные руды перетолженных кор выветривания карбонатитов и отличаются по содержанию глинистых минералов и полезных компонентов (Nb, TR, Sc.).

Изучаемые пробы ТР и ПРТ-3 по содержанию полезных компонентов близки к средним содержаниям в рудах Томтора, установленных при разведке месторождения (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание оксидов редких и радиоактивных элементов в пробах руды месторождения Томтор

Проба	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	$\frac{Y_2O_3}{\sum TR_2O_3}$	Sc ₂ O ₃	Sr ₂ O ₃	TiO ₂	ThO ₂	UO ₂
ТР	3,50	0,12	16,59	1,14	6,9	0,084	3,28	6,34	0,31	
ПРТ-3	8,51	-	16,33	0,75	4,6	0,040	2,91	3,44	0,17	
Среднее по месторождению	7,12	0,01	12,78	0,5	3,9	0,048	3,68	6,51	0,13	0,02
керно выс	ТР-1к	0,14	0,007	1,37	0,10	7,3	0,012	2,2	10,0	0,17
	ТР-2к	3,26	0,14	12,63	0,36	2,8	0,019	5,8	1,95	0,04
	ТР-3к	9,28	1,89	12,85	0,47	3,7	0,050	3,3	7,6	0,33

Промышленный интерес в рудах месторождения представляют ниобий, редкоземельные элементы и скандий. По некоторым технологиям предполагается извлекать титан и стронций.

В изучаемых пробах определяли количество легковоскряваемых форм РЗЭ, объединяющие растворимые в данных условиях соединения РЗЭ и сорбированные РЗЭ. С этой целью пробы обрабатывали 3М раствором HCl при соотношении фаз Т:Ж=1:10 и при перемешивании в течение часа при температуре 20-23°С.

Для выделения сорбированных форм РЗЭ образцы руды обрабатывали 3М раствором NH₄Cl при соотношении фаз Т:Ж=1:10 (температура 20-23°С, перемешивание в течение часа).

Анализ десорбатов и солянокислых растворов на содержание индивидуальных РЗЭ проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе «Vista-Pro». Химический состав пробы, включая сумму РЗЭ, определяли в Центре коллективного пользования ИАЦ АО «ВНИИХТ» по стандартным методикам.

По результатам исследований было установлено, что основными носителями РЗЭ являются монацит и минералы группы крадаллита. Среднее содержание суммы РЗЭ (вместе с иттрием) составляет около 14 %. В спектре преобладают легкие лантаноиды, относительное содержание которых составляет 85-90 %, относительное содержание иттрия около 4 % (от 2,6 до 7,0 %). На средне-тяжелые лантаноиды приходится не более 10 %. В легкоизвлекаемой части спектр РЗЭ аналогичен спектру руды.

В легкоизвлекаемой форме находится от 30 до 50 % РЗЭ, в сорбированной форме находится незначительная часть РЗЭ, так как сорбционная емкость глинистых минералов не превышает нескольких десятых процента.

Торий слабым раствором соляной кислоты не выщелачивается и остается в кеке.

Содержание ниобия в пробах изменяется в диапазоне – от 0,14 до 9,3 %. Среднее содержание ниобия в богатых рудах Буранного участка равно 8,84 %, в рядовых рудах – 3 %. Руды Томтора обогащены скандием и стронцием. Содержание скандия – 200-800 г/т, содержание стронция около 3 %.

Редкие земли месторождения Томтор имеют цериевый состав и, вследствие этого, невысокую стоимость, поэтому главной задачей является разработка наиболее экономичной технологии их получения. Гидрометаллургическая технология переработки исходных руд, при отсутствии эффективного обогащения, включает выбор вскрывающих реагентов, определение оптимальных режимов процесса (время, температура, отношение Т:Ж), обеспечивающих получение продуктивных растворов, пригодных для рентабельного извлечения РЗЭ.

Полученные результаты проведенных технологических исследований определяют направление возможного дальнейшего практического применения.

Наличие ЛИФ РЗЭ в трудноизвлекаемых рудах Томтора при проектируемой высокозатратной переработке руды (транспортные расходы, сложные технологии) предполагает селективную отработку месторождения с выделением легкоизвлекаемого типа руд – редкоземельного с низким содержанием ниобия, для последующей его переработки на месте по упрощенным технологиям (кучное выщелачивание и т.п.).

На первом этапе работ необходимо выделить редкоземельные сорта руд с низкими и забалансовыми содержаниями ниобия на участке первой очереди отработки месторождения (обработка результатов рядового опробования с помощью компьютерных программ), определить их местонахождение (разрезы и погоризонтные планы) и запасы (объемы в общем балансе руды).

Вторым этапом рекомендуется проведение малообъемного опробования выделенных сортов руд (возможно использование дубликатов рядовых и групповых проб) и проведение лабораторных технологических исследований на ЛИФ по методике ВНИИХТа.

И третьим этапом, в случае положительных результатов лабораторных исследований на ЛИФ, будет проведение укрупненных технологических испытаний групповых лабораторных проб (1-2 тонны) с целью отработки упрощенной технологической схемы получения редкоземельного концентрата.

Такой селективный способ добычи редкоземельных руд позволит повысить рентабельность отработки месторождения за счет сокращения расходов на транспортировку данного типа руд с возможностью их складирования и переработки на месте добычи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Делицин Л.М., Мелентьев Г.Б., Толстов А.В. и др. Технологические проблемы Томтора и их решение // Редкие земли. 2015, № 2. – С. 164-179.
2. Гидрометаллургические процессы переработки нетрадиционного сырья редких и цветных металлов / Золотов Ю.А., Холькин А.И. и др. – М.: ФОРУМ, 2010. -180 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКИ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Йулдошев Шохрух Шоназар углы, Халимов Илхом Убайдуллоевич,
Мирзаев Баховуддин Абдураззокович

halimov_i@bk.ru, Навоийский государственный горный институт, г.Навои, Республика
Узбекистан

К решающим факторам, определяющим принципиальную возможность разработки месторождений способом скважинного подземного выщелачивания, относятся продуктивность руд и проницаемость пород продуктивных горизонтов. Месторождения инфильтрационного типа рекомендуются к обработке этим способом только в том случае, если продуктивный горизонт представлен водопроницаемыми породами и обводнен, а полезные компоненты в руде представлены минеральными формами, легко вскрываемыми слабыми водными растворами кислот или солей щелочных металлов

К главным факторам, определяющим технико-экономические показатели подземного выщелачивания, относятся [1-2].

- соотношение проницаемости пород и руд в продуктивном горизонте;
- глубина залегания рудного тела, пьезометрический уровень и напор подземных вод (влияет на себестоимость подъема растворов);
- линейный коэффициент рудоносности (отношение мощности руды к мощности горизонта), влияющий на степень разубоживания растворов;
- наличие надежных водоупоров.

Примером второстепенного фактора в условиях Кызылкумского региона является температура пластовых вод. В реальных условиях главные факторы могут стать решающими.

В районе месторождения может быть несколько водоносных горизонтов, от которых продуктивные горизонты должны быть надежно ограждены водоупорами. Наличие "гидравлических окон" между водоносными горизонтами способствует разубоживанию или растеканию растворов.

В состав лабораторных исследований входит изучение на свежем монолитном рудном материале вещественного состава руд, определение оптимального химического и газового состава растворителей с учетом возможной химической колматации рудного пласта, определение параметров выщелачивания, изучение влияния температуры на скорость выщелачивания и определение коррозионных свойств принимаемых растворителей.

Технологическое исследование процесса подземного выщелачивания производится в два этапа: а) лабораторные испытания на свежих керновых пробах; б) испытания непосредственно в полевых условиях (на моделях или в полупромышленных масштабах)

В лабораторных условиях производится испытание по извлечению металла или другого полезного компонента из свежих керновых проб различными реагентами и выявляются наиболее эффективные из них. При этом необходимо определить: а) минералогический и химический состав руды; б) минералогическую форму нахождения металла или другого вещества в руде и форму связи с сопутствующими компонентами; в) скорость просачивания (фильтрации) растворителя на разных керновых пробах (причем должна быть установлена легкость вскрываемости рудных минералов); г) влияние концентрации растворителя на скорость растворения полезного компонента и состав получаемых продуктивных растворов;

д) влияние окислителя на скорость и полноту растворения полезного компонента при выщелачивании; е) концентрацию растворов для поочередного вскрытия рудных минералов методом десорбции и выщелачивания; ж) влияние давления и температуры на выщелачивания. Кроме того, находят эффективное отношение Т:Ж, где Т-весовая единица руды (сухой), а Ж-весовое количество растворителя, необходимое для рентабельного выщелачивания полезного компонента из этого количества руды. Эффективный расход растворителя может быть отнесен на весовую единицу готовой продукции.

Для практического проведения подземного выщелачивания металлов и других веществ необходимо установить, когда можно основные уравнения химической кинетики выщелачивания свести к простому уравнению скорости перемещения фронта растворителя. Это, видимо, будет возможно только в случаях, когда полезные компоненты легко растворимы, т.е. имеют коэффициент миграции, близкий к единице, когда скорость растворения и перехода в раствор полезного компонента достаточно высока и можно при этом пренебрегать эффектом молекулярной диффузии [3-4].

Гидродинамические расчеты схем подземного выщелачивания сводятся к решению следующих основных задач.

1. Определение расстояния между нагнетательными и разгрузочными скважинами (выработками)
2. Определение времени начального заполнения рудного пласта растворителем на всей площади, намеченной к выщелачиванию.
3. Определение основных гидродинамических характеристик систем нагнетательных и разгрузочных скважин (выработок), которые обеспечивают процесс выщелачивания при принятом технологическом режиме.
4. При найденных расчетных напорах в системе скважин определяют величину перетекания растворителей в соседние горизонты.
5. В зоне действия разгрузочных скважин определяют величину перетекания пресной воды из смежных горизонтов в рудный пласт.

Литературы

1. Аренс В.Ж. Скважинная добыча полезных ископаемых (геотехнология) М., «Недра», 1986, 278 стр.
2. Методы исследований при подземном выщелачивании руд / Белецкий В.И., Давыдова Л.Г., Долгих П.Ф.-М.:МГРИ, 1981.
3. Полькин С.И., Адамова Э.В., Панин В.В. Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов. Недр. М. 1982.
4. Сообщение "Результаты опытных работ по бактериальному выщелачиванию урана на залежи 5 – 1 участка ПВ – 3 месторождения Кетменчи в режиме "пушпул " Исх.34-23/874 от 12.09.06г.

КРУПНООБЪЕМНОЕ ОПРОБЫВАНИЕ ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖМК КАССЕТНЫМ ТРАЛОМ.

Каширский А.С. Калинин И.С. Журавлев А.С.
kashirsky@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Разведанные и перспективные запасы основных полезных ископаемых суши близки к истощению. Поэтому, начиная с 70-х годов двадцатого столетия, технически развитые страны все большее внимание уделяют месторождениям Мирового океана.

В этом контексте наибольший интерес и практическое значение имеют железомарганцевые образования морского дна (ЖМО), а также россыпные месторождения и иловые металлоносные осадки.

Железомарганцевые образования дна Мирового океана рассматриваются как минеральное сырьё будущего, кроме того, ЖМК являются отличным сорбентом для очистки сточных вод от ионов металлов, в металлургической промышленности и т.д.

Уже в 50-80 гг. прошлого столетия полезные ископаемые морского дна привлекли внимание специалистов многих зарубежных стран и СССР. В 1957 г. исследования показали, что в ЖМО содержатся промышленные концентрации никеля (Ni) - до 1% и кобальта (Co) - до 2%. Новый, качественный скачок в необходимости освоения твердых полезных ископаемых морского дна принесло открытие рудоносных илов и рассолов, содержащих медь (Cu), цинк (Zn) и золото (Au), в глубоководных впадинах Красного моря в 1964-66 гг.

В 1974 г. фирма США «Дипси Венчурс» заявила об открытии первого месторождения ЖМК, которое имеет промышленное значение, в разломе Кларион-Клиппертон с содержанием марганца (Mn)=27,3%, никеля (Ni)=1,24%, меди (Cu)=1,01%, кобальта (Co)=0,2%.

Попытки разведки и разработки морских месторождений, предпринятые отдельными технически развитыми странами (в том числе и СССР), предопределили разработку Конвенции ООН по морскому праву, принятой в 1982 г. и вступившей в действие с ноября 1994 г. По этой Конвенции все месторождения, залегающие за пределами континентального шельфа, являются общим достоянием человечества, полномочным представительным органом которого является Международный комитет по морскому дну (ISA). Конвенция определила в Мировом океане 2 региона:

- исключительная экономическая зона (ЕЕЗ) - 200-мильная морская полоса вдоль побережья страны, в пределах которой это государство обладает всеми правами на разведку, добычу, хранение и распоряжение природными ресурсами и морским дном;

- международный район морского дна, деятельность в пределах которого и освоение его ресурсов является общечеловеческим и регулируется Международным комитетом (органом) по морскому дну (ISA - МОМД).

При геологоразведочных работах как в Мировом океане, так и в территориальных водах России пробы отбирались разными способами - тралом, грейфером, коробчатым дночерпателем.

Можно констатировать, что весь комплекс прогнозно-поисковых, разведочных и оценочных работ по подготовке к освоению подводных залежей ЖМК должен обеспечивать получение сведений о геолого-структурных и геоморфологических условиях залегания, а также вещественного состава конкреций и их геохимических, минералогических и экогеохимических особенностей.

Применение разработанного в Московском горном институте кассетного трала (Патент РФ №2562304 от 11.08.2015 г.), оснащенного контролирующей аппаратурой, позволяющего отбирать большие объемы проб с обширных площадей и способного обеспечить получение исходного материала и сведений для выполнения большинства из вышеизложенных требований.

Успешное опробование, как основной части геологоразведочных работ, возможно только на достоверной научно-методологической основе, которая учитывает следующие главные положения: основную цель, предмет изучения, метод познания, научные основы, оценку и прогноз геологических основ, а также методологию изучения геологической среды. Оптимальный результат опробования - получение максимума информации за минимально короткое время и с наименьшей трудоемкостью.

В то же время, опробование - единственно научно-обоснованный способ выявления полезного ископаемого, его качества, геохимической специализации, минерального и химического состава, зональности и внутреннего строения. По данным опробования выделяются потенциальные рудоносные участки недр, природные и технологические типы полезных ископаемых, определяется целый комплекс их разнообразных свойств и т. п.

Если ширина заходки определяется типоразмером ковша кассетного трала и остается неизменной в процессе разведочных и добычных работ, то количество сетчатых емкостей в кассете может меняться в зависимости от поставленной задачи.

Скорость траления позволяет в широких пределах влиять на общую производительность комплекса в зависимости от других технологических параметров или поддерживать заданную производительность при различной плотности залегания конкреций.

При определении параметров кассетного трала и расчетах его технологических возможностей учитывались многолетний зарубежный и отечественный опыт морских геологоразведочных и горно-добычных работ, попыток разработки ЖМК в Мировом океане, разведочные данные конкрециеносных площадей как в международных, так и в российских водах.

Например, железомарганцевые конкреции российского разведочного участка Клариион-Клиппертон залегают на глубинах до 4800 м на донных осадках. Диаметр конкреций $2 \div 12$ см, средняя плотность залегания $14,7 \text{ кг/м}^2$ (от $12,0$ до $20,8 \text{ кг/м}^2$ во влажном виде и от $9,4$ до $14,2 \text{ кг/м}^2$ в сухом), ориентировочная площадь месторождения - 30000 км^2 .

На месторождениях ЖМК в шельфовой зоне Российской Арктики плотность залегания от $0,1 \text{ кг/м}^2$ до 50 кг/м^2 , глубина до 120-150 м (редко до 200-300 м). В Черном и Каспийском морях, а также на Балтике плотность залегания конкреций в среднем составляет $2,5 \text{ кг/м}^2$ на глубинах от первых десятков метров до 135-180 м.

Необходимо подчеркнуть, что дальнейшие расчеты произведены, исходя из плотности залегания конкреций во влажном виде и грузоподъемности сетчатых емкостей на воздухе.

Полученные зависимости позволили разработать методику определения плотности залегания конкреций через время заполнения емкости.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод об эффективности использования кассетного трала при геологоразведочных и горнопромышленных работах на конкрециеносных месторождениях морского дна. Конструкция кассетного трала, результаты расчетов его параметров позволяют повысить полноту и точность опробования и гибко реагировать на изменение природных условий с целью принятия управляющих решений.

Литература:

1. Кириченко Ю.В., Каширский А.С. Кассетный трал для промышленной добычи железомарганцевых конкреций океанического дна. [Текст] / Ю.В. Кириченко, А.С. Каширский. Горный журнал- 2015.- №12 -105с.-С. **56-61**.
2. Кириченко Ю.В. Каширский А.С. Геоэкологические аспекты рационального использования океанических месторождений твердых полезных ископаемых. [Текст] / Ю.В. Кириченко, А.С. Каширский. Экология и промышленность России. **2016** -№7-С. **36-41**.

ОЦЕНКА РАЗРУШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГИДОМОНИТОРНЫХ СТРУЙ

Клочков Н.Н.

drobadenko@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Обобщающим показателем разрушающей способности гидромониторной струи является осевое контактное динамическое давление струи, которое учитывает напор воды у насадки гидромонитора и расстояние от насадки до забоя. Как установлено экспериментальным путем при гидравлическом разрушении глинистых конгломератов при увеличении диаметра насадки с 70 до 90 мм (гидромонитор ГМН-250) и постоянном осевом контактном динамическом давлении расход напорной воды через насадку увеличивается. При этом коэффициент дезинтеграции возрастает на 18 – 20 %, а удельный расход воды на размыв увеличивается на $0,7 - 0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Технологические параметры предварительного рыхления оказывают большое влияние на эффективность гидроразмыва, так как от них зависит средний размер куска породы, предназначенной для дальнейшего гидравлического разрушения.

Уменьшение среднего размера куска при рыхлении благоприятно сказывается на процессах гидравлического разрушения и дезинтеграции пород. Например, в процессе гидротранспорта куски меньших размеров разрушаются более интенсивно. Поэтому при экономической оценке процесса дезинтеграции необходимо также учитывать извлечение полезного ископаемого в зависимости от степени дезинтеграции исходных песков.

Гидравлическое разрушение горных пород в забое в зависимости от технологии разработки состоит из операций подрезки, размыва и выгонки породы из забоя. Однако, в настоящее время разработка россыпных месторождений ведется на сильно глинистых месторождениях, на которых размыв в целом не дает приемлемых экономических результатов, поэтому применяется предварительное механическое рыхление экскаваторами или бульдозерами. Поэтому из технологических операций гидравлического размыва операция подрезки исключается, а операция выгонки осуществляется попутным потоком отраженной от забоя при размыве воды. Это связано с тем, что отвалы породы размещаются в непосредственной близости от приемного бункера землесоса.

Таким образом, основная часть напорной воды расходуется на гидравлическое разрушение породы в отвале, то есть обеспечивает дезинтеграцию механическим воздействием кинетической энергии струи и размоканием породы.

При определении коэффициента дезинтеграции \mathcal{E}_o из хвостов обогащения отбирается проба, объемом V , состоящая из некоторого количества минеральных частиц. Для определения среднего размера этих частиц условно принимаем, что они имеют форму шара с диамет-

ром d_k . В этом случае объем одной такой условной средней частицы будет равен:

$V_k = \frac{\pi d_k^3}{6}$, а количество этих частиц в пробе объемом V соответственно равно:

$$n_k = \frac{V}{V_k} = \frac{6V}{\pi d_k^3}.$$

После полной дезинтеграции материала пробы количество частиц возрастает за счет разделения соединенных между собой минеральных зёрен по фракциям их граностава,

средний размер которых будет равен d_2 , а количество частиц (n_2):

$$n_2 = \frac{6V}{\pi d_2^3}.$$

Коэффициент дезинтеграции \mathcal{E}_d должен быть равен 1 в том случае, когда $n_k = n_z$, то есть порода полностью продезинтегрирована и разделена на отдельные частицы в соответствии с ее гранулометрическим составом. При $n_k \ll n_z$, $\mathcal{E}_d \rightarrow 0$, например, в целике $\mathcal{E}_d \rightarrow 0$. Поэтому коэффициент дезинтеграции \mathcal{E}_d представляет собой отношение количества частиц средней крупности n_k после процесса дезинтеграции к количеству частиц со средним размером фракций гранулометрического состава n_z , то есть к той величине, к которой стремится n_k в процессе дезинтеграции.

$$\text{Таким образом } \mathcal{E}_d = \frac{n_k}{n_z}.$$

Если от количества частиц перейти к их средним диаметрам, то получим формулу для определения коэффициента дезинтеграции:

$$\mathcal{E}_d = \frac{d_z^3}{d_k^3}.$$

Полученная таким образом формула позволяет наиболее объективно оценить процесс дезинтеграции по его конечному результату.

С увеличением диаметра насадки от 70 до 90 мм возрастает площадь поперечного сечения струи, воздействующей на забой. В результате большая часть поверхности забоя насыщается водой. При насыщении водой глинистые породы теряют связность, частично распадаются в результате размокания и за счет этого коэффициент дезинтеграции возрастает с увеличением диаметра насадки. Но в то же время с увеличением поперечного сечения струи оптимальное значение осевого контактного динамического давления сохраняется только по оси струи, а к ее периферии уменьшается. Следовательно снижается разрушающее действие струи на единицу площади ее поперечного сечения. За счет этого удельный расход воды на размыв при увеличении диаметра насадки соответственно возрастает. С увеличением осевого контактного динамического давления происходит уменьшение удельного расхода воды на размыв и возрастает коэффициент дезинтеграции.

При воздействии ударной нагрузки струи воды на кусок горной породы в отвале он разрушается на несколько меньшего размера. Чем меньше размер куска, тем быстрее он насыщается водой, теряет связность и соответственно более полно дезинтегрируется.

Увеличение диаметра насадки свыше 90 мм для данного типа гидромонитора нецелесообразно, так как уменьшается степень поджатия струи в гидромониторе, то есть отношение диаметра подводящего канала гидромонитора к диаметру выходного отверстия насадки.

Коэффициент дезинтеграции наиболее интенсивно возрастает с увеличением осевого контактного динамического давления струи в интервале 0,4 – 0,7 МПа – на 34%, а свыше 0,7 МПа – на 1%.

С увеличением кинетической энергии струи процесс разрушения горной породы происходит более интенсивно, а удельный расход воды на размыв соответственно уменьшается. На расстоянии от насадки гидромонитора до забоя, близком к длине начального участка струи (до 6 м), изменение удельного расхода воды на размыв незначительно, а при увеличении расстояния от насадки до забоя свыше 6 м в пределах возможной эффективной дальности полета струи удельный расход воды на размыв возрастает в два раза.

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ГЛИНИСТЫХ РУД В ЕСТЕСТВЕННОМ ЗАЛЕГАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫМ ПОТОКОМ РЕАГЕНТА

Маркелов С.В.

Markelov_s38@mail.ru, МГРИ – РГГРУ, Москва, Россия.

Лабораторные исследования и опыт промышленного выщелачивания урановых руд месторождений, приуроченных к глинистым плохопроницаемым отложениям, свидетельствуют, что для таких типов руд степень извлечения металла (ϵ), достигшая 70-75%, а иногда 80%, достаточно удовлетворительно описывается уравнением:

$$\sum Me = K \cdot t^{\mu} \quad (1),$$

где Me – суммарное количество добытого металла, ед веса;

K, μ – коэффициенты, устанавливаемые экспериментально, характеризуют диффузионную массо-передачу в зависимости от вещественного состава руды; типа реагента; t – продолжительность времени выщелачивания, сут. Показатель μ (установлено нами), наиболее часто оказывается равным 0,5. При значениях $\epsilon > 70$ -80% (от 70-80% до 90-95%) интенсивность выщелачивания урана из глинистых рудоносных пород резко замедляется. Показатель μ принимает значение меньше 0,5. Наиболее часто $\mu = 0,33$.

Это объясняется тем, что, во-первых, выщелачиваются, главным образом, наиболее труднодоступные для растворов глинистые разности и наименее растворимые минералы урана, а, во-вторых, достигается стадия максимального насыщения уранильными комплексами. Снижается величина химического градиента, замедляется процесс диффузии на границе раздела фаз – минеральное твердое тело–жидкость.

На интенсивность процесса выщелачивания при данных условиях влияет не только скорость диффузного массопереноса, но и скорость химической реакции с «упорными» урановыми минералами.

Из анализа результатов лабораторных работ и технологических показателей эксплуатации блоков ПВ глинистых рудоносных пород выявлено, что, применительно к фильтрационно-неоднородной толще, закономерность проникновения растворов в глубину плохопроницаемых прослоев мощностью m при фильтрации выщелачивающих растворов по хорошопроницаемым слоям подчиняется зависимости:

$$l = \sqrt{16 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 K_0^l} \leq m/2, \text{ м.} \quad (2).$$

При этом градиент фильтрации растворов не менее 20, а начальный K_f относительно хорошопроницаемых слоев (около 70% от общей мощности продуктивной толщи) не ниже $5 \cdot 10^{-3} - 10^{-2}$ м/сут.

При анализе учитывались следующие исходные данные:

-содержание урана в плохопроницаемых прослоях $\alpha_U = 0,5\text{С}; 0,67\text{С}; 1,0\text{С}; 1,33\text{С}; 1,67\text{С}; 2,0\text{С}; 3,0\text{С}$ (С – величина содержания урана в забалансовых рудах традиционного горного способа добычи, равная 0,03%) и равномерно распределено по всей мощности прослоя при любом принятом его значении;

-максимальная продолжительность выщелачивания блока ПВ не превышает 1100 суток (3 года);

-коэффициент фильтрации плохопроницаемых глинистых рудоносных пород находится в пределах $10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$ м/сут.

Абсолютные значения глубины проникновения растворов в плохопроницаемые глинистые рудоносные породы (за счет их насыщения), в зависимости от времени контакта выщелачивающих растворов и $K\phi$ с относительно хорошопроницаемыми породами, показывает, что за трехлетний период выщелачивания продуктивной толщи полностью насыщены раствором глинистые плохопроницаемые прослойки с $K\phi \geq 5 \cdot 10^{-4}$ м/сут.

Однако, степень извлечения урана из этих прослоев, согласно выполненным расчетам, будет различной. С наибольшей интенсивностью выщелачиваются рудоносные породы с забалансовым содержанием урана ($\alpha_u = 0,5 - 0,6C$), для которых зависимость $\varepsilon = f(t)$ можно представить в виде уравнения:

$$\varepsilon \approx (0,4 \div 0,3) \sqrt{t}, \quad (3)$$

для значений $\varepsilon \leq 0,5 - 0,6$. При более высоких значениях степени извлечения урана коэффициент пропорциональности существенно снижается по отношению к выше приведенному, так как на данной стадии наблюдается наибольшая неравномерность процесса выщелачивания урана из различных по мощности прослоев. Из маломощных прослоев ($m = 0,08$ м) уран практически извлечен (до 80-95%), а из более мощных прослоев значения степени извлечения не превышают 20 – 25%.

В свою очередь, при высоких содержаниях урана в плохопроницаемых глинистых прослоях ($\alpha_u = 2,0 - 3,0C$) характер степени извлечения урана в пределах всего рассматриваемого промежутка времени характеризуется уравнениями, соответственно:

$$\varepsilon = 0,16\sqrt{t}; \quad (4) \quad \text{и} \quad \varepsilon = 0,11\sqrt{t} \quad (5).$$

Это объясняется тем, что из более богатых рудоносных прослоев процесс выщелачивания урана протекает более равномерно, но менее интенсивно. Существующий на начало процесса максимальный химический градиент концентраций между минеральной фазой и жидкостью обеспечивает быстрое насыщение последнего ионами уранила. В дальнейшем процесс выщелачивания контролируется изменением химического равновесия между этими фазами, протекающим, как правило, равномерно.

Из изложенного следует, что степень выщелачивания урана из блоков ПВ во времени определяется в итоге соотношением количества плохопроницаемых прослоев различной мощности и содержанием в них урана. Так, например, при отсутствии в блоках ПВ плохопроницаемых прослоев средней мощностью более 0,17 м позволило отработать такие блоки за один год.

Однако, наличие в разрезе продуктивной толщи более мощных прослоев средней мощностью 0,27 м (5,5%) и 0,41 м (8%) привело к ухудшению показателей выщелачивания урана из рудоносной толщи пород за счет необходимости увеличения продолжительности их выщелачивания до трех и более лет. В связи с этим проведен расчет изменения степени извлечения урана из плохопроницаемых глинистых прослоев континентальных и морских фаций ($K\phi \sim 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$ м/сут) от исходного его содержания при различной продолжительности отработки продуктивной толщи фильтрационным потоком реагента.

Расчеты по выщелачиванию урана проведены с учетом выявленных средних мощностей всех плохопроницаемых глинистых прослоев в разрезе продуктивной толщи, а также с учетом их фильтрационных свойств.

Такой методический подход позволяет выделить приемлемую область ПВ урана из плохопроницаемых глинистых прослоев фильтрационным потоком реагента применительно к условиям конкретного месторождения.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Мирзаев Баховуддин Абдуразокович, Халимов Илхом Убайдуллоевич,
Йулдошев Шохрух Шоназар угли

halimov_i@bk.ru, Навоийский государственный горный институт, г.Навои, Республика
Узбекистан

В последние годы физико-химические способы добычи полезных ископаемых получили широкое промышленное применение в Узбекистане и за рубежом. Наиболее перспективным является метод подземного выщелачивания (ПВ), который позволяет выщелачивать металл *in situ* – на месте залегания. Подземное выщелачивание металлов получило наибольшее развитие в мире в варианте скважинной системы отработки руд. Подача выщелачивающего раствора проводится в систему закачных скважин, затем фильтруется через рудный массив, а продуктивные растворы через систему откатных скважин извлекаются на поверхность и транспортируются на установки по переработке растворов.

Способ ПВ особенно перспективен для отработки месторождений, приуроченных к осадочным водоносным породам. Для большинства этих месторождений ПВ является единственно технически возможным и экономически целесообразным способом эксплуатации

Таким образом, роль пластово-инфильтрационных месторождений с каждым годом приобретает все большую значимость. Отсюда вытекает необходимость дополнительного изучения способов разработки данного типа месторождений методом ПВ.

Проводимые научно-исследовательские, опытно-промышленные и промышленные работы, касающиеся различных аспектов метода ПВ, позволили выявить главнейшие особенности метода, его преимущества перед традиционным горным способом и недостатки.

Основные преимущества этого метода заключаются и следующем [1]:

- сокращение капиталовложений и сроков строительства в 2-3 раза, вследствие отсутствия сложных капитальных сооружений, неизбежных при проходке всех видов горных выработок, добыче руды, ее транспортировке, переработке и создания хвостохранилищ;
- повышение в несколько раз производительности труда за счет исключения целого ряда процессов и переделов;
- снижение себестоимости продукции в 2,0-2,5 раза, несмотря на то, что руды месторождений, обрабатываемых методом ПВ, гораздо беднее по содержанию урана;
- высокая (70-90 %) степень извлечения урана из недр;
- возможность отработки месторождений со сложными горно-технологическими и гидрогеологическими условиями залегания;
- исключение из цикла добычи урана самых дорогостоящих и опасных подземных горных работ, которые заменяются бурением скважин с поверхности;
- возможность полной автоматизации процессов добычи и переработки ураносодержащих концентратов вплоть до получения конечной продукции;

Наряду с указанными преимуществами метода, в процессе проведения работ по ПВ выявилось, что подземное выщелачивание через скважины не так просто в своем исполнении, как кажется на первый взгляд. Способ требует более пристального к себе внимания и творческого подхода во всех звеньях геотехнологической цепи, начиная от ранних этапов разведки месторождений, до получения химических концентратов природного

урана [2].

Прежде всего, выявилась значительная неоднородность, минерально-петрографических, геотехнологических, фильтрационных свойств руд и рудов мешающих горизонтов, как в плане, так и в разрезе, что при отсутствии надежных методов контроля над движением рабочих растворов делает процесс ПСВ трудно управляемым, а также осложняет гидродинамические расчеты его параметров. Отсюда вытекает одно из важнейших положений, сводящихся к тому, что для успешной работы предприятий по добыче урана методом ПВ необходимо: иметь более полную детальную информацию о недрах, чем это требуется для традиционного горного способа.

Отсутствие четких требований к изучению технологических параметров, характеристик урановых руд и вмещающих пород, приводит к тому, что по ряду месторождений не хватает удовлетворительных данных по вещественному, минералогическому и литологическому составу руд, весьма слабы материалы о фильтрационных и технологических свойствах руд и вмещающих горизонтов и т.д. Более того, до всего времени еще нет однозначного представления о способах оконтуривания и подсчета запасов по пластово-инфильтрационным (водородным) месторождениям обладающим, как известно, целым рядом специфических свойств. В первую очередь, отмеченное является следствием нечетко сформулированных требований к разведке этих месторождений и определения соответствующих кондиций.

Таким образом, на подземное выщелачивание оказывает влияние большое число факторов, а изучение технологических условий извлечения урана является основой для количественной и качественной оценок взаимосвязей компонентов природно-промышленной системы

Отдельные элементы таких систем изучаются посредством физического и физико-химического моделирования. Однако изучение влияния вышеописанных факторов в комплексе зачастую не представляется возможным, поскольку отсутствует возможность проведения прямого экспериментирования или создания масштабных аналоговых моделей для таких систем.

В этой связи остается только единственный объективно существующий метод изучения таких сложных систем - это создание формализованных математических моделей позволяющих наиболее полно учитывать все основные свойства таких систем.

Литературы

1. Бахуров В.Г. Вечеркин С.Г., Луценко И.К. Подземное выщелачивания урановых руд. М. Атомиздат, 1969.
2. Смирнов А.Л. Кинетические закономерности подземного выщелачивания урана из руд водородных месторождений урана / А.Л. Смирнов, В.Н. Рычков, А.Б. Уманский, Е.А. Галянина, А.М. Ключников // Радиохимия, т.51, №1, 2009 – с. 53-55.

ОЦЕНКА ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ С УЧЁТОМ ИЗЪЯТИЯ КИСЛОРОДА.

Папичев В.И.

ipkon-dir@ipkonran.ru, Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В.Мельникова Российской Академии Наук, Москва, Россия

В ИПКОН РАН разработана методология оценки нагрузки горного производства на основные компоненты природной среды, базирующаяся на представлении нагрузки, как результата ресурсопотребления [1]. Величина нагрузки (N) рассчитывается из соотношения: $N = P/R$, доли ед.

Где: P – величина потреблённого в процессе производственной деятельности ресурса, м³
R – объём запасов ресурса на оцениваемой территории, м³.

Расчёт потребления водных ресурсов от сбросов токсичных веществ в водоёмы предлагалось выполнять по следующей формуле

$$P_T = \frac{M_T \cdot T_{Ц} \cdot 10^6}{ПДК}, \text{ м}^3$$

Где: M_T – масса сброшенного токсичного вещества, т

T_Ц – поправка на жизненный цикл сброшенного вещества, зависящая от седиментации оседающей смеси, доли ед.

ПДК – значение предельно допустимой концентрации вещества, мг/л,

Кроме того при оценке потребления сбросов в водоёмы ни показатель непосредственного потребления, ни показатель опосредованного потребления не учитывает объёмы потребления кислорода, необходимого для полного химического окисления органических веществ, содержащихся в сточных водах. Объёмы такого потребления могут быть учтены по показателям БПК и ХПК.

Полным биохимическим потреблением кислорода (БПК_{полн.}) считается количество кислорода, требуемое для окисления органических примесей до начала процессов нитрификации [3]. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается. Полная биологическая потребность в кислороде БПК_{полн.} для внутренних водоёмов рыбохозяйственного назначения (I и II категории) при 20°C не должна превышать 3 мгО₂/дм³.

Расчёт потребления от БПК предлагается осуществлять по следующей формуле

$$P_{O_2} = \frac{M_{КБ} \cdot T_{ЦБ} \cdot 10^6}{C_{O_2}}, \text{ м}^3$$

Где: M_{КБ} – масса потреблённого кислорода (по БПК), т

T_{ЦБ} – поправка на жизненный цикл потребления, доли ед.

C_{O₂} – нормальное насыщение воды кислородом составляет 14 мг/л,

T_{ЦБ} = T_{ОК} / T_О

Где: T_{ОК} – длительность полного окисления органических веществ в воде, сут.

Показатель химического потреблением кислорода (ХПК) являясь интегральным (суммарным) показателем, в настоящее время считается одним из наиболее информативных показателей антропогенного загрязнения вод [4]. Расчёт потребления от ХПК

$$P_{O_2} = \frac{(M_{КХ} - M_{КБ}) \cdot T_{ЦХ} \cdot 10^6}{C_{O_2}}, \text{ м}^3$$

Где: M_{КХ} – масса потреблённого кислорода (по ХПК), т

T_{ЦХ} – поправка на жизненный цикл потребления, доли ед.

Величина поправки на жизненный цикл зависит от длительности периода оценки.

Если период оценки (T_О) превышает длительность жизненного цикла процесса (t_х), то поправка на жизненный цикл принимается равной 1. В случае, если период оценки меньше жизненного цикла, то поправка на жизненный цикл определяется из соотношения:

$$T_{ЦХ} = T_0 / t_{ц}$$

Где: $t_{ц}$ – жизненный цикл вещества, сутки $t_{ц} = 4,6/К$

T_0 – длительность оцениваемого периода, сутки,

$К$ - коэффициент неконсервативности вещества [5].

Общая формула расчёта потребления ресурсов воды в результате сбросов выглядит следующим образом:

$$P_T = M_T \cdot T_{Ц} \cdot 10^6 / ПДК + M_{КБ} \cdot T_{ЦБ} \cdot 10^6 / C_{O_2} + (M_{КХ} - M_{КБ}) \cdot T_{ЦХ} \cdot 10^6 / C_{O_2}, m^3$$

В качестве примера рассмотрим расчёт потребления воды от сбросов Лебединского ГОКа в один из годовых периодов эксплуатации карьера.

Таблица Исходные данные и результаты расчёта потребления воды от сбросов

Ингредиенты и потребители кислорода	Сброшено, т	ПДК, мг/л	Потребление, м ³		
			Токсичные вещества	Кислород	Доля потребления, %
Взвешенные вещества	5343,49	20	1,3359E+11		46,46602
Азот аммонийный	315,38	0,39	7,3851E+10		25,68725
Азот нитратный	500,874	9,1	346834322		0,120638
Азот нитритный	11,998	0,02	350017757		0,121745
Железо общее	9,928	0,3	661866667		0,230215
Нефтепродукты	16,17	0,05	4,7392E+10		16,48423
Хлориды	615,4	350	1758285714		0,611578
Сульфаты	3240	500	6480000000		2,253913
Медь	0,664	1	13280000		0,004619
Марганец	0,261	0,1	52200000		0,018157
ХПК (по кислороду)	318			2,27E+10	7,900622
БПК 5 (по кислороду)	74,2			2,9E+08	0,101013
Сумма			2,645E+11	2,3E+10	100
Доля от суммы потребления, %			91,9983647	8,001635	100

Основная масса сбросов Лебединского ГОКа в поверхностные водоёмы 10446 т, из которых более половины 5343 т приходится на взвешенные вещества. На втором месте по этому показателю находятся сульфаты 3240 т, на третьем хлориды 615,4 т. По показателю потребления воды взвешенные вещества оставляют за собой первое место (46,5 %), а вот сульфаты и хлориды, вследствие значительно более высокого показателя ПДК, уступают место азоту аммонийному (25,7 %) и нефтепродуктам (16,5 %). Показатель потребления по БПК и ХПК, составляет 8% от общего, причём 7,9 % приходится на химическое потребление кислорода.

Таким образом, включение в расчёты величины изъятия кислорода, позволяет получить более полную картину и существенно уточнить роль отдельных компонентов сбросов в водоёмы при оценке потребления водных ресурсов горнодобывающими предприятиями.

Литература

1. Папичев В.И. Методология комплексной оценки техногенного воздействия горного производства на окружающую среду. / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М 2004.

2. Чаплыгин Н.Н., Галченко Ю.П., Папичев В.И., Жулковский Д.В., Сабянин Г.В., Прошляков А.Н. Экологические проблемы геотехнологий: новые идеи, методы и решения. / М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2009. – 320 с.

3. Роева Н.Н. Экология. Учебно-практическое пособие. – МГУТУ, 2005

4. Парахонский Э.В. Охрана водных ресурсов на шахтах и разрезах. М, Недра, 1992

5. Справочник по гидрохимии - Л. Гидрометеиздат, 1989- 391 с.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ШУНГИТОВЫХ ПОРОД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО, СВЕРХТОНКОГО ПОМОЛА КОНЦЕНТРАТА, И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В.А. Рафиенко,

vrafienko@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Разработка новой технологии. Разработана и внедрена в промышленное производство эффективная технология получения порошка сверхтонкого помола (концентрата) с раскрытыми уникальными природными свойствами минерала – шунгита для разных отраслей народного хозяйства [Рафиенко, 2008, 2013, 2016].

Разработанная технология предусматривает обогащение шунгитового порошка с получением качественного концентрата сверхтонкого помола и высокой степени химической чистоты. Такой концентрат обладает максимально раскрытым радиозкранирующим и антиэлектростатическим свойством присущим шунгитовым породам.

Новая технология обеспечивает получение сверхтонкого концентрата высокой степени химической чистоты и раскрывает ряд новых свойств, что позволяет найти его применение в смежных высокотехнологичных областях строительной, текстильной и химической промышленности.

Разработка новых материалов. Обогащённый шунгитовый концентрат нашёл применение в качестве инновационной добавки в высокотехнологичном производственном цикле при получении текстильных материалов специального назначения для строительной промышленности.

В 2013 году Научно-производственным предприятием «Фильтроткани» были проведены опытно-промышленные испытания с применением добавки обогащённого шунгитового концентрата сверхтонкого помола (высококачественного шунгитового наполнителя), при производстве импортозамещающих строительных текстильных материалов типа Armatex G (Словакия), MacGrid WG (Италия), Miragrid XT (США) и их аналогов, которые широко используются сегодня при строительных работах (армировании стен зданий и сооружений, укладке асфальта, насыпей дорог, парковок, ж/д путей метро, аэропортов и др.). Строительный текстильный материал изготавливается из высокопрочных полиэфирных волокон, не подвергающихся гниению. Поверхность волокон, а также специальная подложка пропитывались экологически чистым природным наполнителем – обогащённым шунгитом на основе битумной дисперсии или ПВХ (по желанию заказчика). Добавка обогащённого шунгита обладает синергичным действием – проводит электрический ток и одновременно является экраном для снятия сложных электромагнитных и электростатических полей.

При производстве на этапе обработки опытного дорожного текстильного материала был использован тонкоизмельчённый обогащённый шунгитовый продукт крупностью 5 мкм (Зажогинского месторождения, Республики Карелия). Массовая доля шунгита в исходной пропитке составляла не менее 40%.

Наработка образца сетчатого строительного текстильного материала была произведена на оборудовании фирмы DORNIE, включающем полный производственный цикл (ткацкий станок, линия для пропитки, сушильная камера).

Испытания по определению экранирующих свойств наработанного образца проведены под руководством Заслуженного эколога РФ, проф., д.ф.-м.н. Соколова Н.Н. на специально сконструированной установке в научно-исследовательской физической лаборатории Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ).

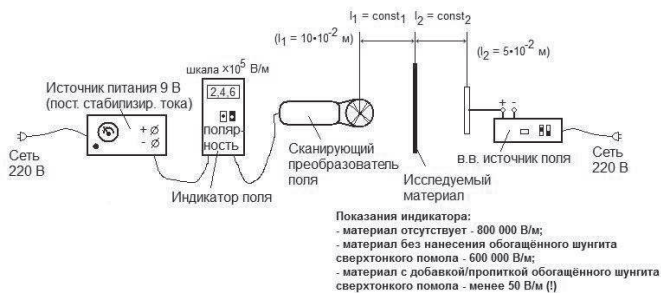


Рис. 1 Эскиз экспериментальной установки для исследования экранирующих свойств сетчатого материала пропитанного обогащённым шунгитом с размером частиц шунгита 5 мкм

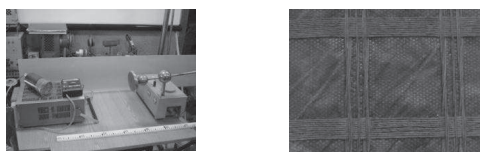


Рис. 2 Фото экспериментальной установки и образца – сетчатого материала с экранирующими свойствами пропитанного обогащённым шунгитом с размером частиц шунгита 5 мкм

Образцы материала помещались на расстояние между исследуемым материалом и сканирующим преобразователем поля $l_1 = \text{const}_1$ ($l_1 = 10 \cdot 10^{-2}$ м) и исследуемым материалом и источником поля $l_2 = \text{const}_2$ ($l_2 = 5 \cdot 10^{-2}$ м).

При отсутствии материала показатель индикатора поля составлял 800 000 В/м, сетчатый материал без пропитки обогащённого шунгита – 600 000 В/м, опытный образец с пропиткой обогащённого шунгита – менее 50 В/м (!).

В период 2014–2016 гг. на предприятии ООО «Научно-производственное предприятие «Фильтроткани» было освоено применение концентрата в пропитке битумной дисперсии и в ПВХ при производстве сетчатых материалов с различной линейной плотностью полиэфирных нитей – от дорожной геосетки, а также фасадной штукатурной и фасадной защитной – до маскитной, так и при производстве материалов на основе ткани полотняного переплетения – материал для шахтной вентиляции (650 г/м^2) и материал кровельный (до 1300 г/м^2).

Вывод. Новая технология обеспечивает получение сверхтонкого концентрата высокой степени химической чистоты и раскрывает ряд новых свойств, что позволяет найти его применение в смежных высокотехнологичных областях строительной, текстильной и химической промышленности.

Литература

Рафиенко В.А. Разработка и обоснование комбинированной технологии переработки труднообогатимых шунгитовых пород: дисс ... кандидата технических наук: 25.00.13. Моск. гос. гор. ун-т. – Москва, 2013. – 156 с.

Рафиенко В.А. Технология переработки шунгитовых пород. М.: изд. ГЕОС, 2008. – 214 с.

ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО СКОНЦЕНТРИРОВАННОГО ГЕЛИЯ В ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖАХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕНДА

Семёнова К.М., Чурикова И.В., Лопатин А.Ю.

K_Semenova@vniigaz.gazprom.ru

ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва, Россия

Гелий в нормальных условиях является инертным газообразным веществом без цвета, вкуса и запаха. Благодаря своим свойствам гелий (в чистом виде или в смеси с другими газами) применяется в различных отраслях промышленности (авиационной, ракетно-космической, электронной, атомной), в черной и цветной металлургии, медицине.

В настоящее время в России гелий производится только на Оренбургском гелиевом заводе, использующем в качестве сырья природный газ, добываемый на Оренбургском НГКМ и относящийся к «бедным» по содержанию гелия (объемная доля гелия в природном газе не более 0,055%) [1].

Однако, высокое содержание гелия в природном газе месторождений Восточной Сибири (от 0,24 до 0,6%) обуславливает необходимость его извлечения, а низкие объёмы его потребления как отечественной, так и мировой промышленностью, с учетом устойчивой тенденции роста его применения в различных областях человеческой деятельности – необходимость его длительного хранения (десять лет) [2].

Длительное хранение гелия в больших объемах возможно при создании подземных хранилищ гелиевого концентрата или природного газа, обогащенного гелием (ПГОГ), в различных геологических структурах: соляных кавернах; изолированных залежах истощенных газовых месторождений; в блоках (участках, пластах) крупного разрабатываемого месторождения (путем возврата ПГОГ) [2].

Необходимость в хранении больших объемов предварительно сконцентрированного гелия возникнет в районе Якутского центра газодобычи (ЦГД) после ввода в эксплуатацию Чаандинского НГКМ (2020 г.). В природном газе Чаандинского и Ковыктинского НГКМ содержатся около 70% запасов гелия России, которые составляют многие млрд. м³ [2].

Для целей создания долговременного подземного хранилища предварительно сконцентрированного гелия (ПХ ПСГ) рекомендуется использовать залежь с запасами, соизмеримыми с прогнозируемыми объемами хранения гелия. По комплексу геолого-экономических критериев, в т.ч. удаленности от Чаандинского месторождения и наличию благоприятных геологических условий для создания ПХ ПСГ, наиболее перспективной является газовая залежь талахского горизонта Тас-Юряхского месторождения (терригенные отложения венда Восточной Сибири).

В связи с тем, что прецедентов по созданию гелиехранилищ в газовых залежах на территории России до настоящего времени не было, для оценки возможности использования недр Тас-Юряхского месторождения для создания долговременного ПХ ПСГ было пробурено четыре скважины, проведены сейсморазведочные работы МОГТ-3Д на всей площади лицензионного участка, выполнена их обработка и интерпретация, вдоль сейсмопрофилей проведена площадная геохимическая съемка по сети 300×300 м.

На основе обобщения всей имеющейся геолого-геофизической информации коллективом специалистов ООО «Газпром ВНИИГАЗ» была выполнена оценка условий создания долговременного ПХ ПСГ: оценены герметичность, емкость, максимально допустимое пластовое давление в хранилище, производительность эксплуатационных скважин; составлен прогнозный контур распространения природного газа, обогащенного гелием, по площади; проведён анализ технического состояния существующего фонда скважин в районе создания ПХ ПСГ; составлено обоснование выбора объекта для создания ПХ ПСГ; построены трехмерные цифровые геологическая и газодинамическая модели.

Результаты интерпретации сейсмических работ 3D показали, что предполагаемая ранее площадь под ПХ ПСГ оказалась, по новой тектонической модели, в пределах нескольких блоков, наиболее крупный из которых предлагается для целей ПХ ПСГ. Учитывая, что по результатам бурения не получено подтверждения наличия непроницаемого разломного нарушения (одинаковые уровни ГВК), возможно расширение зоны планируемого ПХ ПСГ в область соседнего блока с целью увеличения его объема.

В ходе лабораторного изучения кернового материала скважин, пробуренных в пределах рассматриваемых блоков, определялись открытая пористость, проницаемость по гелию, объемная и минералогическая плотность, карбонатность, глинистость, фракционный и минералогический состав, микроструктура глин, структура порового пространства и давление прорыва газа, т.е. основные характеристики, определяющие экранную способность пород курсовской свиты – покрышки талахского горизонта. Совместный анализ исследований керна и ГИС показал достаточную ее надежность.

На базе трехмерного геологического моделирования были установлены участки и интервалы в пределах площади прогнозируемого ПХ ПСГ, характеризующиеся наибольшей и наименьшей песчаностью, наилучшими и худшими емкостными свойствами, а также подсчитаны запасы газа. Близкие значения объема газонасыщенных пород в рассматриваемых блоках и насыщенного гелием газа (пермеата), предполагаемого для закачки в ПХ ПСГ, с учетом реальной возможности извлечения газа из продуктивных отложений и оставшийся недоизученным вопрос о проницаемости тектонического нарушения между блоками, предопределили возможность использования залежи только в качестве временного ПХ ПСГ.

В этой связи необходимо учесть два момента создания временного ПХ ПСГ: обязательный отбор газа из месторождения одновременно с закачкой пермеата для компенсации излишка давления и максимально возможное удаление очага нагнетания содержащего гелий газа от эксплуатационных скважин (не смешивание, а замещение пластового газа на гелиевый пермеат) – соответствующее расположение кустов нагнетательных и эксплуатационных скважин для целей ПХ ПСГ.

Проведенный по результатам предварительных технологических расчетов анализ с учетом режимов отбора и закачки газа показал, что нарастание пластового давления и распространение гелийсодержащего газа по площади происходит достаточно быстро – прогнозный срок эксплуатации хранилища составит не более 10-12 лет при прогнозной необходимости закачки пермеата в течение 29 лет. Данное обстоятельство также не позволяет рассматривать газовую залежь Тас-Юряхского НГКМ как объект для долговременного хранения гелия Якутского центра газодобычи.

Таким образом, геолого-технологические условия в наиболее крупных тектонических блоках талахского горизонта Тас-Юряхского НГКМ, определенные на базе построенных по результатам ГРП геологической и газодинамической моделей, указывают на соответствие объекта требованиям, предъявляемым к подземным хранилищам газа, по геологическим критериям, однако создание долговременного хранилища ПСГ в залежи не представляется возможным. Решением вопроса длительного хранения планируемого объема гелиевого концентрата Чайядинского НГКМ может служить создание каверн в отложениях каменной соли на северо-восточной части месторождения, где отсутствует нефтегазоносность коллекторов. Наиболее благоприятными для сооружения подземных хранилищ в данных геологических условиях являются соленосные отложения юрегинской свиты.

Литература:

1. Хан С.А. Опыт подземного хранения газообразного гелиевого концентрата на Оренбургском гелиевом заводе / С.А. Хан, А.И. Игошин, М.К. Теплов и др. // Газовая промышленность. – Спецвыпуск «Подземное хранение газа». – 2012. – № 684. – С. 28-31
2. Бондарев В.Л., Чугунов А.В., Саркисова М.А., Бондарев Е.В. Перспективы хранения природного газа, обогащенного гелием, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // Проблемы разработки и эксплуатации газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений: сб. науч. тр. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2015. – № 3 (23). – С. 63-67

S-IX

СЕКЦИЯ МЕХАНИКИ, МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

МОЩНОСТЬ, ЗАТРАЧИВАЕМАЯ НА РАБОТУ ДОЛОТА PDC С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ УГЛОМ УСТАНОВКИ РЕЗЦОВ

Арсентьев Ю.А.¹, Ивашкин И.В.¹, Нгуен Т.Х.²

¹arsentev1956@yandex.ru, ivash.il@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия
²gggru1@gmail.com, Ханойский Горно-геологический университет, Ханой, Вьетнам

В лопастных долотах PDC резцы устанавливаются с различными отрицательными углами α к плоскости забоя. В свою очередь, величина угла α определяет глубину внедрения реза δ_p и величину окружной силы P_0 или крутящего момента $M_{кр}$, пропорционального мощности N_d , затрачиваемой на работу долота. В процессе бурения скважины на резец лопасти долота действуют силы, показанные на рис.1

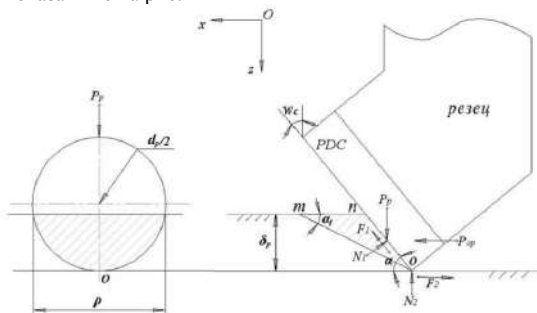


Рис. 1 Система действующих на резец сил.

Из приведенной схемы следует, что окружная сила, приложенная к рецу, будет равна

$$P_{оп} = F_2 - F_1 \cos \alpha + N_1 \sin \alpha. \quad (1)$$

С учетом того, что силы трения F_1 и F_2 соответственно равны $N_1 f$ и $N_2 f$, то имеем

$$P_{оп} = N_2 f - N_1 f \cos \alpha + N_1 \sin \alpha. \quad (2)$$

При этом реакция N_2 может быть определена в виде

$$N_2 = P_p - N_1 \cos \alpha - N_1 f \sin \alpha. \quad (3)$$

После подстановки результата (3) в выражение (2) получим

$$P_{оп} = P_p f + N_1 (\sin \alpha - 2f \cos \alpha - f^2 \sin \alpha). \quad (4)$$

С учетом выражения в работе [1] и введением обозначения $K = (\sin \alpha - 2f \cos \alpha - f^2 \sin \alpha)$ получим

$$P_{оп} = P_p f + \sigma_{ск} (1 + tg \varphi) ((\pi \sqrt{d_p} \delta_p^{3/2} \sin \alpha + 2\delta_p^2 \cos(90^\circ + \alpha_1 - \alpha)) / 2 \sin \alpha_1 \sin \alpha) K. \quad (5)$$

Тогда окружная сила, действующая на долото будет равна

$$P_o = m i (P_p f + \sigma_{ск} (1 + tg \varphi) ((\pi \sqrt{d_p} \delta_p^{3/2} \sin \alpha + 2\delta_p^2 \cos(90^\circ + \alpha_1 - \alpha)) / 2 \sin \alpha_1 \sin \alpha) K). \quad (6)$$

Разделив эту силу на радиус долота $0.5D$, получим удельную окружную силу, действующую вдоль лопасти долота.

$$P_o^{yA} = 2P_o / D. \quad (7)$$

Поскольку элементарный крутящий момент $dM_{кр}$, действующий на элемент лопасти долота и удаленный от его оси на расстоянии R_i , равен

$$dM_{кр} = P_o^{yA} R_i dR_i, \quad (8)$$

тогда полный крутящий момент будет равен

$$M_{кр} = m P_o^{yA} \int_0^D R_i dR_i = m P_o^{yA} \frac{D^2}{8}. \quad (9)$$

А мощность, подводимая к долоту, будет равна

$$N_d = M_{кр} \omega = M_{кр} \pi n / 30. \quad (10)$$

Или с учетом выражений (6),(7), (9) и (10) получим

$$N_d = \frac{\pi m^2 D n i}{120} \left(P_p f + \sigma_{ск} (1 + \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sqrt{d_p} \delta_p^{3/2} \sin \alpha + 2 \delta_p^2 \cos(90^\circ + \alpha_1 - \alpha)}{2 \sin \alpha_1 \sin \alpha} K \right) \quad (11)$$

На основании полученного теоретического выражения (11) построим график изменения мощности N_d , подводимой к долоту PDC в зависимости от угла установки резцов α и свойств горных пород (рис. 2). При этом в качестве исходных значений параметров, составляющих указанные выражения, принимаем: $P_z = 105000$ Н; $D = 311$ мм; $d_p = 25$ мм; $\sigma_{см} = 2$ МПа; $\sigma_{ск} = 1$ МПа; $m = 5$; $n = 130$ об/мин, $f = 0.1$.

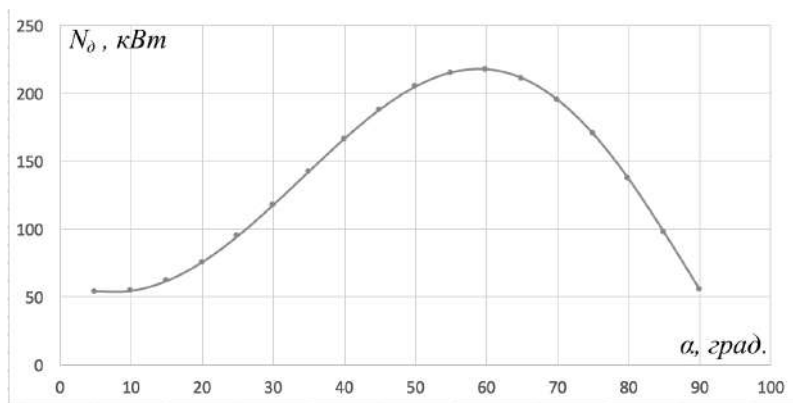


Рис. 2 График изменения мощности N_d , подводимой к долоту PDC в зависимости от угла установки резцов α .

График, показанный на рис. 2, отражает количественно и качественно характер изменения мощности, затрачиваемой на работу долота PDC.

Литература:

1. Арсентьев Ю.А., Соловьев Н.В., Нгуен Тиен Хунг, Теоретическое обоснование оптимального диапазона угла установки резцов долот PDC для бурения скважин в перемежающихся по твердости горных породах месторождения «Южный Дракон и Доймой (СРВ)» Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». 2017. – №2. - С. 12-16.
2. Соловьев Н.В., Арсентьев Ю.А., Нгуен Тиен Хунг, Курбанов Н.Х. Теоретический метод обоснования конструктивных параметров долот режуще-скалывающего действия. Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». 2015. – №3. -С. 16-25.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СЕЛЕКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Бабурь К.В. (Научный руководитель – Б.Н. Абрамович, профессор кафедры ЭиЭМ, доктор технических наук, СПбГУ; Д.Н. Пеленев, ассистент кафедры ЭиЭМ, кандидат технических наук, СПбГУ)

e-mail: 77kir09@bk.ru, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) являются наиболее распространенным видом аварийных повреждений (75-80 % от общего числа аварийных случаев) в распределительных электрических сетях напряжением 6-10 кВ, что сопряжено со значительным количеством перерывов в электроснабжении добычных машин и механизмов вследствие выхода из строя ответственного электрооборудования. Для минимизации ущербов в электрических сетях 6-35 кВ по причине однофазных замыканий на землю необходимо применять эффективные средства релейной защиты и автоматики, позволяющие селективно выявлять поврежденное присоединение и своевременно устранять возникшее ОЗЗ путем отключения поврежденного участка сети.

Для повышения чувствительности действия защиты от однофазных замыканий на землю было предложено использовать разделительные трансформаторы, предназначенные, в первую очередь, для потенциальной развязки электрической сети 6-10 кВ поверхностного и подземного комплекса. Разделительные трансформаторы следует устанавливать на линиях с большим коэффициентом долевого участия, что позволит увеличить соотношение между собственным емкостным током линии и суммарным током замыкания на землю сети, вследствие чего повысится чувствительность действия защиты [1].

Выбор места установки разделительных трансформаторов должен основываться на правилах безопасности в угольных шахтах [1, 2] и применительно к защите от ОЗЗ определяться по выражению:

$$l_{mp} = \frac{I_{C_{\Sigma}} - I_{л.с.}}{(K_{отс} K_{\eta} + 1) \cdot I_{\text{ю.}}}$$

где l_{mp} – требуемая длина линии, определяющая место установки разделительного трансформатора;

$I_{\text{ю.}}$ – удельный емкостной ток линии, на которую устанавливается разделительный трансформатор;

$I_{C_{\Sigma}}$ – суммарный емкостной ток замыкания на землю всех электрически связанных линий сети;

$K_{отс} = K_{\eta} K_{бр}$ – коэффициент отстройки защиты [3], включающий в себя $K_{\eta}=1,2-1,3$ – коэффициент надежности, учитывающий погрешность реле и ошибки расчета $I_{л.с.}$; $K_{бр}=1,5-1,8$ – коэффициент «броска», учитывающий бросок емкостного тока в момент возникновения замыкания на землю, а также способность реагировать на него защиты от ОЗЗ;

$I_{л.с.}$ – собственный емкостной ток линии.

В результате экспериментальных исследований эффективности функционирования защиты от ОЗЗ в электрических сетях среднего напряжения угольных предприятий были выявлены случаи неселективного действия защиты в нормальных режимах работы сети. Основной причиной ложных срабатываний защиты являлся неучёт величин небалансов по току и по напряжению нулевой последовательности при расчете и выборе уставок защиты. Однако особенностью небалансов в защитах от ОЗЗ является то, что некоторые из них могут не только приводить к ложным или излишним срабатываниям защиты в нормальном режиме работы сети, но и влиять на её чувствительность при замыкании на защищаемом

присоединении. В работе была предложена методика разделения небалансов по току и напряжению в зависимости от причин, вызывающих их возникновение.

В связи с возникновением небалансов в контуре нулевой последовательности выбор уставки на срабатывание защиты будет основываться на следующем выражении:

$$I_{\Sigma НБ} = K_n (I_{нб.ТТНП} + I_{нб.ЭДС} + I_{нб.смещ.} + I_{нб.конт.соед.} + I_{нб.ФТНП}),$$

где K_n – коэффициент надёжности;

$I_{нб.ТТНП}$ – ток небаланса, вызванный кабельными ТТНП;

$I_{нб.ЭДС}$ – ток небаланса, вызванный смещением нейтрали сети из-за несимметрии фазных ЭДС источника питания;

$I_{нб.смещ.}$ – ток небаланса, вызванный влиянием параллельных линий;

$I_{нб.конт.соед.}$ – небаланс токов НП в защитах, установленных на пучках кабелей, и вызванные нарушением контактных соединений;

$I_{нб.ФТНП}$ – ток небаланса, вызванный трёхтрансформаторными ФТНП.

С учетом этого выражения аналитическая формула для определения чувствительности действия защиты от ОЗЗ в условиях небалансов в электрической сети:

$$K_{\eta} = \frac{3\omega U_{\phi} (C_{\Sigma} - C_{л.с.}) \sqrt{tg^2 \delta + \lambda^2 d_N^2 + 1}}{K_{отс} U_{\phi} 3\omega C_{л.с.} \sqrt{tg^2 \delta + 1} + I_{\Sigma НБ}}$$

U_{ϕ} – фазное напряжение сети;

C_{Σ} – суммарная проводимость всей электрически связанной сети;

$C_{л.с.}$ – собственная емкость относительно земли защищаемой линии;

ω – круговая частота;

$tg \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь;

λ – безразмерная величина, учитывающая проводимость трансформатора заземления нейтрали;

d_N – коэффициент, учитывающий настройку величины сопротивления резистора в нейтрали по отношению к емкостному току сети.

На основании выполненных исследований была разработана методика выбора уставок и проверки чувствительности действия защиты от ОЗЗ в условиях высокой неоднородности электрической сети и существования небалансов по току и напряжению нулевой последовательности.

Разработанные мероприятия по обеспечению селективного действия защиты от однофазных замыканий на землю позволят повысить эффективность функционирования предприятий по добыче твердых полезных ископаемых.

Список литературы

1. Пеленев Д. Н., Бабьрь К. В., Бабьрь В. В., Повышение чувствительности защиты от однофазных замыканий на землю электрических сетей 6-10 кВ угольных предприятий / Горное оборудование и электромеханика, № 3, Т, 2017. С 24 - 27.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» от 22. 06.2013.
3. Шабад М.А.Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. СПб.:ПЭИПК – 4-е изд., перераб. и доп. –2003.

ВЛИЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ЭКОЛОГИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Башкуров А.Ю., Обьедков А.С.

Bashkurov_A@inbox.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

В настоящее время, в мире существует много экологических проблем, которые связаны с использованием энергетики. Она оказывает сильное влияние на окружающую среду экосистемы в целом. Чего стоит электроэнергия, которая производится на ТЭС (тепловая электростанция). При строительстве электростанции, или других проектов, происходит значительное загрязнение окружающей среды. Для такого рода проектов характерно токсичное и радиационное загрязнение, соответственно могут возникать эффекты, при которых скорость сжигания кислорода больше скорости его образования, за счет фотосинтеза земных растений на данной территории, но помимо данной проблемы, ТЭС, наряду с топливом, потребляет большое количество воды $150\,000\text{ м}^3$, $18\,000$ т угля, что приводит к загрязнению водоема – охладителя. На данный момент, планируется разработка методов преобразования энергии, которые будут меньше воздействовать на окружающую среду.

Экологических проблем в энергетике достаточно много, но перечислим некоторые из них:

1) экологические последствия развития солнечной энергетики – это, космические электростанции, солнечные станции, которые пока что не относятся к экологическим чистым станциям, так как в случае создания солнечной электростанции увеличится опасность загрязнение подземных вод, концентраторы, которые сильно изменяют структуру почвенных условий, растительности. На данной электростанции нагревается воздух, который проходит через солнечное излучения – изменяется тепловой баланс, изменяется влажность, бывают случаи, что происходит возгорание системы. Основную опасность предоставляют жидкости, которые содержат различные химикаты, те же хроматы, затемнение больших территорий солнечными концентраторами, большая материалоемкость, воздействие на климат космических электростанций.

2) влияние ветроэнергетики на природную среду;

Начнем с того, что все начинается со строительства ветровых электростанций, так как при строительстве, происходит загрязнение атмосферы, почв, нанесение вреда растительному и животному миру. Происходит загрязнение атмосферы при использовании сыпучих материалов, эксплуатация при строительстве воздействует на человека, на атмосферный воздух, на водные объекты.

Наиболее важный фактор влияния на окружающую среду - это акустическое воздействие. В зарубежной практике выполнено достаточно исследований и натуральных изменений уровня и частоты шума для различных ветроустановок (ВЭУ) с ветроколесами, отличающимися конструкцией, материалами, высотой над землей, и для разных природных условий.

Шумовые эффекты от ВЭУ имеют разную природу и подразделяются на механические и аэродинамические воздействия. Последние, в свою очередь, могут быть низкочастотными (менее 16-20 Гц) и высокочастотными (от 20 Гц до нескольких кГц). Они вызваны вращением рабочего колеса и определяются следующими явлениями: образованием разряжения за ротором или ветроколесом с устремлением потоков воздуха в некую точку схода турбулентных потоков; пульсациями подъемной силы на профиле лопасти; взаимодействием турбулентного пограничного слоя с задней кромкой лопасти.

Удаление ВЭУ от населенных пунктов и мест отдыха решает проблему шумового эффекта для людей. Однако шум может повлиять на фауну, в том числе на морскую фауну в районе экваториальных ВЭУ. По зарубежным данным, вероятность поражения птиц ветровыми турбинами оценивается в 10%, если пути миграции проходят через ветровой парк. Размещение ветровых парков повлияет на пути миграции птиц и рыб.

Помехи, вызванные отражением электромагнитных волн лопастями ветровых турбин, могут сказываться на качестве телевизионных и микроволновых радиопередач, а также различных навигационных систем в районе размещения ветрового парка ВЭУ на расстоянии нескольких километров. Наиболее радикальный способ уменьшения помех - удаление ветрового парка на соответствующее расстояние от коммуникаций. В ряде случаев помех можно избежать, установив ретрансляторы. Этот вопрос не относится к категории трудноразрешимых, и в каждом случае может быть найдено конкретное решение.

3) возможные экологические проявления геотермальной энергетики;

Основные последствия геотермальной энергии, является не только оседание почвы, но и сейсмические эффекты, загрязнение поверхностных и грунтовых вод, выброс бурового раствора, сброс отработанных термальных вод, в основном эти проблемы характерны для ГеоТЭС, выброс тепла в атмосферу, выброс метана и других химических элементов.

- экологические последствия использования энергии океана;

Эта проблема относится к различным электростанциям, у которых при использовании термальной энергии океана, происходит утечка аммиака, пропана, метана и других веществ, применяемых для промывки теплообменников, выделение углекислого газа. Один из важных вопросов влияния на окружающую среду преобразования энергии волн в прибрежной зоне – это воздействие на процессы в ее пределах. Вещества, перемещаемые волнами, называются прибрежными наносами. Движение их необходимо для стабилизации береговой полосы, одним словом, баланс между эрозией и отложениями. В связи с этим цель из преобразователей энергии волн целесообразно устанавливать в местах намечаемых волноломов, чтобы они выполняли двойную функцию: использование энергии волн и защиту побережья.

4) экологическая характеристика использования биоэнергетических установок;

Биоэнергетическая станция является одной из эффективной и, конечно же, безопасной. Она способствует избавлению окружающей среды от загрязнения всевозможными способами. Но, конечно же, есть и неблагоприятные воздействия на экологию:

- выброс тепла – меняется тепловой баланс;

- взрывоопасность;

- выброс различных химических и токсичных веществ: окиси углерода, биогаза;

- большое количество отходов – промывочные воды, перегонки.

И в заключение, хотелось бы надеяться, что в будущем, будут решены эти экологические проблемы, которые, присутствуют не только в России, но и в других странах мира. Все эти проблемы, в настоящее время, решаются очень медленно, и далеко не эффективно.

Литература

1. Безруких П. П., Арбузов Ю. Д., Борисов Г. А., Виссарионов В. И., Евдокимов В. М., Малинин М. К., Огородов Н. В., Пузаков В. Н., Сидоренко Г. И., Шпак А. А. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии России / Под общей ред. П. П. Безруких. - СПб.: Наука, 2002. - 314 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ.

И.С.Баязитов, А.М.Лимитовский.

ilnur.bayazitov.2015@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Научный руководитель – А.М. Лимитовский, профессор кафедры МАиЭ ГРП, доктор технических наук, МГРИ-РГГРУ

При использовании дизельных и газотурбинных электростанций около 60% энергии выделяется в виде тепла в окружающую среду. Поэтому изучение эффективности применения когенерационной системы на горном предприятии является актуальным вопросом.

Отличием когенерации от теплофикации является утилизация тепла после получения электроэнергии (фактически использование вторичного энергоресурса - тепла после обработки в установках по производству электроэнергии). При теплофикации процесс выработки электроэнергии и тепла идет параллельно. Когенерация широко используется в энергетике, например на ТЭЦ (теплоэлектроцентралях), где рабочее тепло после использования в выработке электроэнергии применяется для нужд теплоснабжения. Опытным путем, доказано что использование когенерационных установок на базе локальных энергоисточников (особенно на основе газотурбинных электростанций) позволяет снизить финансовые затраты на теплоснабжение и уменьшить потери энергии до 20% за счет утилизации выделившегося тепла.

Таким образом, с увеличением потребности горного предприятия в тепловой энергии, эффективность применения когенерационных систем возрастает.

Список литературы

1. Лимитовский А.М., Косьянов В.А. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ: Учебное пособие для вузов, - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: РУДН, 2008 – 384с.
2. Лимитовский А.М., Соловьев А.М. Электрооборудование и электроснабжение горных работ: Программные положения и учебно-методическое пособие , 2016 – 45с.
3. Лимитовский А.М., Соловьев А.М., Косьянов В.А. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ: Методические указания, 2011 – 53с.

АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ПЕРЕХОДА К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ

Дяченко Г.В.

grigoriu.016@mail.ru, Санкт-Петербургский Горный университет, Санкт Петербург, Россия

Научный руководитель – Жуковский Юрий Леонидович, доцент кафедры электротехники и электромеханики, кандидат технических наук, СПбГУ

Последние десятилетия характеризуются бурным развитием техники, экономики и общества, в которых происходят кардинальные изменения (высокие технологии, рост численности населения планеты, глобальное изменение климата и т.п.), влияющие в том числе на энергетический бизнес, предъявляя к нему все новые и новые требования. В настоящее время энергетическая система на базе концепции Smart Grid является единым энергоинформационным комплексом, в котором управляемые объекты позволяют осуществлять дистанционное управление, а системы оценивания ситуации и противоаварийной автоматики- снижают избыточные требования к резервам силовых и информационных мощностей.

Для энергетических компаний за рубежом одним из наиболее актуальных на сегодняшний день является вопрос определения того, как активно влиять и/или реагировать на изменения: организовать управление изменениями, активно участвуя в формировании собственного будущего, или занять пассивную позицию?

К числу наиболее существенных изменений в развитии общества и экономики, влияющих в том числе на энергетическую отрасль, зарубежные ученые и исследователи относят следующие:

1. Дефицит источников электрической энергии.
2. Постоянно растущие требования к надежности и качеству электроснабжения со стороны потребителей.
3. Постоянное повышение стоимости электрической энергии во всем мире.
4. Старение и нарастающий дефицит квалифицированных кадров в энергетической отрасли.
5. Рост требований заинтересованных сторон - стейкхолдеров - к результатам деятельности энергетических компаний.
6. Требования экологической и промышленной безопасности функционирования энергетических объектов.
7. Снижение общесистемных затрат.

Таким образом, основные факторы, определяющие необходимость кардинальных преобразований в электроэнергетике под влиянием складывающихся условий, можно сгруппировать следующим образом.

Факторы технологического прогресса:

- появление и развитие новых технологий, устройств и материалов (в том числе в других отраслях), потенциально применимых в сфере электроэнергетического производства, и в первую очередь нарастающие темпы и масштабы развития компьютер-ных и информационных технологий;
- интенсивный рост количества малых генерирующих (в первую очередь возобновляемых) источников энергии в мире;
- общая тенденция к повышению уровня автоматизации процессов.

Факторы повышения требований потребителей:

- повышение требований к набору (линейке) и качеству услуг;
- ожидание снижения ценовых параметров услуг отрасли;
- требования к информационной прозрачности системы взаимоотношений субъектов электроэнергетических рынков, в первую очередь с потребителями.

Факторы снижения надежности:

- нарастающий уровень износа оборудования;
- необходимость массовых инвестиций в реновацию основных фондов;
- снижение общего уровня надежности электроснабжения;
- высокий уровень потерь при преобразовании, передаче и распределении электроэнергии.

Факторы изменения рынка:

- изменение внутренних условий функционирования электроэнергетических рынков;
- экономическая нестабильность;
- реформирование организации функционирования электроэнергетики в большинстве стран;
- развитие рынка квот на экологически опасные выбросы;
- продолжительный инвестиционный и жизненный цикл активов и отрасли в целом, составляющие от 15 до 40 лет.

Факторы повышения требований в сфере энергоэффективности и экологической безопасности:

- необходимость снижения воздействия на окружающую среду;
- необходимость повышения энергоэффективности и энергосбережения.

Развитие электроэнергетики в рамках прежней экстенсивной концепции, основанной преимущественно на вводе новых мощностей и развитии сетевой инфраструктуры с улучшением технико-экономических показателей отдельных видов оборудования и технологий, связано с наличием серьезных ограничений. Учет всех факторов и связанных с ними рисков развития электроэнергетики в будущем требует пересмотра традиционных подходов, принципов и механизмов ее функционирования, выработки новых, способных обеспечить устойчивое развитие, прорывное повышение потребительских свойств и эффективности использования энергии. Это решение требует разработки новой концепции инновационного развития электроэнергетики, которая, с одной стороны, соответствовала бы современным взглядам, целям и ценностям социального и общественного развития, формирующимся и ожидаемым потребностям людей и общества в целом, а с другой — максимально учитывала основные тенденции и направления научно-технического прогресса во всех отраслях, сферах жизни и деятельности общества. Такой концепцией и стала Smart Grid. Основными идеологами разработки этой концепции выступили США и страны ЕС, принявшие ее за основу своей национальной политики энергетического и инновационного развития. В последующем, как уже отмечалось, концепция Smart Grid получила признание и развитие практически во всех крупных индустриально развитых и развивающихся странах.

В статье проведено сравнительное исследование технических подходов и предпосылок перехода к интеллектуальным энергетическим системам в зарубежных странах (США и Европейский Союз) и России.

Список литературы

1. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. — М.: ИАЦ Энергия, 2010. — 208 с.
2. Жуковский Ю.Л., Котелева Н.И. Управление программой технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования на основе интегрированной информационно-аналитической системы. Промышленная энергетика. 2017. № 7. С. 14-20.

ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПЛЕКСА ВСЕРЕЖИМНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК С ГИБРИДНОЙ СХЕМОЙ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

Завацки С., Куликов В.В.

kulikovvv@mgi-rgru.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Применение объемного регулирования является энергетически более выгодным, чем дроссельное, но требует сложного в изготовлении и эксплуатации дорогостоящего оборудования. Работа регулятора потока в составе гидросистемы характеризуется резким изменением осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент при бурении скважин в перемежающихся по механическим свойствам горных породах.

Следовательно, механизм подачи буровой установки дроссельной конструкции является наиболее отвечающим процессу эффективной углубки скважины. При бурении скважин в горных породах невысоких категорий по буримости, при параллельной схеме подключения дросселя, режим течения рабочей жидкости гидропривода в дроссельной щели ламинарный или турбулентный доквадратический, а при разбуривании пород средних категорий по буримости и пород высоких категорий – турбулентный квадратический [1,2,4, 6]. В горных породах невысоких категорий по буримости, при последовательной схеме подключения дросселя и параллельной напорного золотника, режим течения рабочей жидкости гидропривода в дроссельной щели турбулентный квадратический, а в проходном отверстии напорного золотника ламинарный или турбулентный доквадратический [1,3,5, 6]. В процессе углубки в породах средних категорий по буримости и породах высоких категорий по буримости режим течения рабочей жидкости гидропривода в дроссельной щели ламинарный или турбулентный доквадратический, а в проходном отверстии напорного золотника турбулентный квадратический [1 – 6].

С целью предотвратить неточность и некорректность существующих способов регулирования режима бурения при использовании гидравлического механизма подачи в горных породах разных категорий по буримости или перемежающихся породах с большим диапазоном категорий по буримости, в силу разных схем подключения регулирующей аппаратуры у разных буровых установок и различных режимах течения рабочей жидкости через неё, рекомендуется применять буровые установки с гибридной схемой подключения комбинированной аппаратуры. Данная схема позволит осуществлять углубку скважины при различных, но всегда корректных и подходящих режимах бурения. На тех участках проходки горных пород, на которых наблюдается преимущественно турбулентный квадратический режим течения рабочей жидкости через дроссельную щель, целесообразно осуществлять бурение с помощью применения квадратичного гидравлического дросселя при соответствующей схеме его подключения. На тех интервалах углубки, для которых характерны ламинарное или турбулентное доквадратическое течение рабочей жидкости через дроссельную щель, целесообразно применять при соответствующей схеме подключения линейный дроссель. Гибридная схема подключения комбинированной регулирующей аппаратуры позволит оперативно производить подключение требуемых схем и дросселей. Целесообразно применять в качестве линейного дросселя щелевой дроссель. С помощью гибридной схемы подключения комбинированной регулирующей аппаратуры можно добиться оптимального режима бурения в разных по буримости горных породах, не зависимо от условий залегания последних, их трещиноватости, буримости, прочности, перемежаемости. В ней объединены преимущества обоих существующих и применяющихся на практике схем (параллельной и последовательной) подключения регулирующей аппаратуры (дросселей) и устранены или сведены к минимуму их недостатки.

Гибридная схема подключения комбинированной регулирующей аппаратуры является всережимной, универсальной и оптимальной с точки зрения:

- технической – в одной буровой установке совмещены обе схемы подключения регулирующей аппаратуры (параллельная и последовательная) и оба способа управления режимами бурения (при использовании линейного и квадратичного дросселя);

- эргонометрической – на одном пульте управления можно расположить все регулирующие органы регулирующей аппаратуры: рычаги, переключатели, вентили и т.д.;

- технологической – безаварийность, повышение проходки на породоразрушающий инструмент за счёт оптимального выбора и управления режимами бурения, точность и плавность регулирования характеристик и т.д.;

- хронометрической – снижение затрат времени на проходку скважины за счёт увеличения углубки за один оборот, увеличения проходки на породоразрушающий инструмент, уменьшения вспомогательных и спускоподъёмных операций;

- экономической – повышение проходки на породоразрушающий инструмент путём подбора оптимальной схемы подключения регулирующей аппаратуры и оптимального способа управления режимами бурения, уменьшения затрат времени на бурение.[7-10,11,12].

Внедрение в гидравлические механизмы подачи буровых установок гибридной схемы подключения комбинированной регулирующей аппаратуры, где наряду с квадратичными дросселями подключены и линейные дроссели, полностью отвечает требованиям регулирования осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент и режимов бурения скважины во всём диапазоне изменения параметров проходки. Таким образом повышается эффективность бурения скважин и универсальность применяемых буровых установок.

Литература

1.Завацки С., Куликов В.В. Анализ основных характеристик и механика работы гидравлических механизмов подачи буровых установок // XII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Доклады, в 2 томах. Москва. МГРИ-РГГРУ. 2015. Т 2. С. 66 – 67.

2.Завацки С., Куликов В.В. Регулирование параметров режима бурения на гидрофицированных буровых установках // XII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. В 2-х томах. Москва. МГРИ-РГГРУ. 2015. Т 2. С. 134 – 135.

3.Завацки С., Куликов В.В. Аналитическое исследование взаимосвязи характеристики гидравлического механизма подачи буровой установки и технологических параметров режима бурения геолого-разведочной скважины. // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2015. № 6. С.67 – 93.

4.Завацки С., Куликов В.В. Механизмы подачи гидрофицированных буровых установок, применяемых при разработке и разведке месторождений полезных ископаемых, и регулирование параметров режима бурения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 7.

5.Завацки С., Куликов В.В. Механика работы гидравлических механизмов разведочных буровых установок и горных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 7.

6.Завацки С., Куликов В.В. Современные подходы в изучении режимов бурения гидрофицированных разведочных буровых установок и регулирования их параметров // II Международная научно-практическая конференция «Технологическая платформа «Твёрдые полезные ископаемые». Технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений». Сессия I. Комплексная добыча, переработка и использование минерального и техногенного сырья. Екатеринбург. ИГД УрО РАН. Сборник докладов. 2015. С. 71 – 80.

7.Завацки С., Куликов В.В. Гидравлические механизмы подачи разведочных буровых установок, механика работы и анализ основных характеристик параметров // II Международная научно-практическая конференция Технологическая платформа «Твёрдые полезные ископаемые». Технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений». Сессия I. Комплексная добыча, переработка и использование

- минерального и техногенного сырья. Екатеринбург. ИГД УрО РАН. Сборник докладов. 2015. С. 80 – 87 .
8. Завацки С. Проблемы управления углубкой геолого-разведочных скважин // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 2. С. 86 – 88.
9. Завацки С., Куликов В.В. Управление гидравлическим механизмом подачи буровых установок при гибридной схеме подключения комбинированной регулирующей аппаратуры // Известия вузов. Геология и разведка. 2017. № 1. С. 55 – 59.
10. Завацки С., Куликов В.В. Гибридная схема подключения комбинированной регулирующей аппаратуры гидравлического механизма подачи буровых установок // XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. В 2-х томах. ФГБУ «ВНИГНИ», 2017. Т 1. С. 418 – 419.
11. Завацки С. Научные основы управления режимами бурения геологоразведочных скважин буровыми установками с модернизированным гидравлическим механизмом подачи // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. 2017. 108 с.
12. Завацки С., Куликов В.В. Прецизионное управление режимами бурения // LAP LAMBERT Academic Publishing RU. 2017. 111 с.

СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ОНЛАЙН КУРСА НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ. РАЗРАБОТКА НОВОГО ФОРМАТА УЧЕБНИКОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ.

Ивлева О.А. (Научный руководитель Калининчев В.Н.)
artel.alp@gmail.com, (МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия)

Новое время вместе с переменами в технологиях несет перемены в самом мышлении людей. В последние десятилетия у молодежи существенно изменилось восприятие информации и текстов. Сегодня молодежь все более тяготеет к медиатекстам в электронном формате (телевизионном, компьютерном, мобильном) [1]. Содержание печатных учебников в настоящее время воспринимаются студентами с большими трудностями. При этом произошло смещение приоритета в сторону аудиовизуального текста. Причинами этого являются изменения в системе образования, информационной среды в целом, стремительное развитие и доступность цифровых технологий. Необходимо признать, что назрели изменения также и в образовательной базе. Обновления требуют в первую очередь учебные пособия, учитывая, сколь много часов в программе вузов отводится на самостоятельную работу студентов. В поиске необходимой информации они, как правило, обращаются к Интернету. «Сегодня мы имеем цифровое поколение, которое существует в медиaprостранстве, чувствует там себя естественно и непринужденно» [2]. Значит, необходима разработка нового формата учебников, перевод учебных материалов в электронную среду, создание интерактивных курсов, упор на визуализацию информации. Это должно повысить усвояемость материала и общую успеваемость студентов, а в итоге и квалификацию выпускаемых специалистов.

На первом курсе одной из самых трудных для понимания и трудоемких дисциплин для студентов технических специальностей является начертательная геометрия и инженерная графика. Программа курса предполагает большой объем графических задач и контрольных работ. Строгие требования к аккуратности и точности выполнения чертежей, программа, предполагающая развитое пространственное мышление, и несоответствие школьной подготовки вузовскому курсу, - все это заводит студента в тупик и как следствие приводит к академическим задолжностям.

Справиться с ситуацией поможет лишь усердная самостоятельная работа. Но тут мы сталкиваемся с вышеописанной проблемой несоответствия восприятия молодых людей с имеющимися учебниками старого образца. Электронные учебные материалы, включая видеоуроки и иллюстрированные пособия даются в Интернете разрозненно и не всегда отличаются высоким качеством. Полного интерактивного онлайн курса начертательной геометрии на данный момент в сети не существует.

При создании онлайн-учебника мы руководствовались следующими целями: он должен размещаться в Интернете на своем сайте, содержать все темы курса и задачи, обладать интерактивностью, включать современные способы подачи информации для полного усвоения предмета. Также он должен содержать дополнительные главы с геологической спецификой, которых нет в общих учебниках по начертательной геометрии. Материал мы старались изложить максимально доступным языком, пользуясь стилистическими приемами журналистского текста: дробление текста на короткие предложения, избегание многослойных речевых конструкций, популярное разъяснение терминов.

Особенностью учебника является иллюстрированность материала. В стремлении за наглядностью курс получился начертательной геометрией в картинках, что как раз соответствует поставленной задаче. Статичную иллюстрацию мы дополнили gif-анимацией. Анимация показывает, как фигура проецируется на перпендикулярные плоскости, которые затем наглядно разворачиваются из трехмерного пространства в двухмерное, вместе с проекциями изображаемых предметов. Это, в сущности, демонстрация главного достижения начертательной геометрии - изображения объемных предметов на плоскости. Принципы

этих построений и приемы работы с ними также представлены анимацией и пошаговыми иллюстрированными инструкциями.

Современное развитие скоростных интернет-сетей - быстрый неограниченный Интернет есть уже почти в каждом смартфоне - подтолкнуло нас к созданию видеокурса и включению его в учебник. Ссылаясь на уже приведенные социологические исследования, можно предположить, насколько слово, сказанное вслух, имеет больший вес для студента, чем написанное. В качестве видеоряда служат пространственные инсталляции, решение типовых задач. Videокурс мы вынесли на отдельную страницу на сайте учебника, а также включили короткие видео в разделы.

Одним из преимуществ онлайн-учебника является быстрый и простой доступ ко всем его компонентам. Находясь в задачнике, студент может по гиперссылке перейти в нужный теоретический раздел, там же просмотреть видеоролик, затем перейти к остальным задачам по теме, быстро возвращаться к оглавлению и в любой раздел.

Структуру сайта составляют пять страниц. «Главная» - это ознакомительная страница, тут указаны основные темы курса, вступительное слово преподавателя о важности начертательной геометрии для инженера и ее роли в науке и технике, в горном деле и геологии. Далее размещены задачи, по одной на каждую тему, и короткая информация о проекте.

Вторая страница - это собственно сам учебник, разбитый по разделам: основные понятия, прямая линия, плоскость, взаимное расположение прямой и плоскости, многогранники, кривые линии, поверхности и аксонометрия. В отдельную тему вынесены правила оформления чертежа и необходимые ГОСТы.

На отдельной странице размещается задачник, разбитый по тем же темам, что и теоретическая часть. Они все время переключаются между собой и видеокурсом посредством гиперссылок.

На последней странице «О проекте» располагается список литературы и перечислены авторы сайта.

Данный образовательный ресурс будет бесплатным и без рекламы. Он поможет всем студентам-инженерам овладеть новым очень важным предметом, являющимся первой базовой ступенью в пирамиде технических дисциплин: начертательная геометрия - теоретическая механика - сопромат - детали машин. В МГРИ-РГГУ начертательная геометрия преподается со специальным уклоном. Студенты геологических специальностей изучают инженерно-геологическую графику (проекции с числовыми отметками, стереографические проекции и т.д.). Студенты технических специальностей (техники и технологии геологической разведки, нефтегазовое дело, горное дело и др.) изучают классическую начертательную геометрию, но с привязкой к своей будущей профессии и знакомятся с такими понятиями как проекции горных выработок, азимуты падения и простирания горных выработок и пластов горных пород. Инженер должен обладать навыками чертежа, ведь чертеж - язык техники, а начертательная геометрия - грамматика этого языка (Г. Монж).

Литература.

1 - Жилавская И.В. Медиаобразование молодежи: монография // Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова. - М.: Изд-во – Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании - 2013. – No4.

2 - С.Б. Цымбаленко, П.С. Макеев. МЕДИЙНЫЙ ПОРТРЕТ ПОДРОСТКА. Пособие. // — М., РУДН: 2015.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Ильченко К.К., Михайлов М.Э., Глухачич Д.Ю.

e-mail: kirill.il4enko@yandex.ru, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Научный руководитель – А.А. Бельский, доцент кафедры ЭиЭм, кандидат технических наук,
СПГУ

Введение. В 21 веке наблюдается тренд на использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Человечество с древних времен использует энергию ветра, которая эволюционировала от ветряных мельниц до крупномасштабных ветряных электрических станций. Одной из оценочных характеристик работающего ветропарка является его коэффициент использования установленной мощности (КИУМ). Это есть отношение фактической мощности (исходя из данных выработанной электроэнергии) к паспортной [1]. КИУМ большинства традиционных электростанций находится в пределах 15–80%. Зачастую для оценки эффективности осуществленных финансовых вложений, технологического управления проектом и генерацией, требуется сравнить фактический КИУМ со среднемировым уровнем.

Актуальность. Различными государствами декларируется политика:

- снижения зависимости от импорта углеводородного сырья (политика Евросоюза в последние 10 лет);
- уменьшение возможности возникновения крупных техногенных катастроф (особенно в атомной энергетике и гидроэнергетике);
- борьба с парниковым эффектом за счет снижения выделения CO₂ (Киотский протокол и Парижское соглашение о климате) [2].

Все это способствует развитию использования альтернативных источников энергии. Например, двадцатикратный рост установленных мощностей ветроэлектрических станций (ВЭС) с 2001 года.

Цель научной работы. Данная научная работа посвящена установлению пути развития ветроэнергетики (экстенсивного или интенсивного). Для этого был выполнен анализ среднемирового коэффициента использования установленной мощности ветроэлектрических станций (КИУМ ВЭС).

Принцип исследований в работе. Сбор данных осуществлялся из открытых мировых источников, использовались данные международных ветроэнергетических ассоциаций и агентств:

- Глобальный совет по ветроэнергетике (GWEC);
- Международное энергетическое агентство (IEA);
- Всемирная ветроэнергетическая ассоциация (WWEA);
- Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA).

Также в ходе исследования использовались данные от региональных ассоциаций (FEE, AEE, BWE, AWEA и другие). GWEC, WWEA предоставляют информацию только по установленной мощности, IEA, IRENA предоставляет информацию, как по установленной мощности, так и по суммарному количеству выработанной электроэнергии, что необходимо для расчета значений КИУМ. Самые актуальные данные по установленной мощности приходятся на 2016 год, а по выработанному количеству электроэнергии на 2015 год. При исследовании данных были обнаружены расхождения в сведениях по установленной мощности ВЭС и генерируемому ими количеству электроэнергии. Последующий анализ статистики с использованием данных от региональных ассоциаций показал, что ключевым фактором, влияющим на выявленное расхождение, является учет сведений по Китаю. Если проводить сравнение статистики без учета данных по Китаю, то расхождение по установленной мощности будет колебаться в пределах $\pm 2\%$, что можно объяснить разными

методами сбора информации международными агентствами. А именно с учетом построенных и введенных в эксплуатацию мощностей ВЭУ. Данные по суммарной выработанной энергии также отличаются у IEA и IRENA по годам в пределах $\pm 2\%$.

В работе было установлено, какие факторы влияют на КИУМ ВЭС в разных странах (график ввода и вывода из эксплуатации станций, график проведения планового ремонта отдельных ветроустановок, текущая скорость ветра, годовой ход скорости ветра (изменение средней скорости ветра в течение года), влияние текущих климатических условий: температура, влажность воздуха, давление, а также штормовых явлений и гололеда, аварийный останов и ошибки управления (человеческий фактор), многолетний ход среднегодовых скоростей ветра, график энергопотребления, пропускная способность линий электропередач и т.д.)

При расчете среднемирового КИУМ ВЭС были установлены верхняя (максимальное значение) и нижняя (минимальное значение) граница его возможного значения. Данные границы были получены на основании предположения о дате ввода мощностей в течение года (как одного из факторов, влияющего на КИУМ), либо это начало года и тогда КИУМ принимает максимальное значение, либо это конец года и тогда КИУМ принимает минимальные значения. Такой подход можно обосновать информацией, предоставляемой Американской ассоциацией энергии ветра (WWEA), которая предоставляет одни из наиболее полных и информативных отчетов. По их данным, поквартальная установка мощностей ВЭС значительно отличается как в течение одного года, так и в разных годах.

С учетом того, что реальный КИУМ ВЭС зависит от множества факторов (свыше 10), то мы использовали предельную теорему вероятности (теорему Ляпунова), на основе которой можно предположить, что изменение КИУМ описывается нормальным законом распределения. Далее рассчитав среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации, который не превысил 10%, был сделан вывод, что совокупность однородна, а найденные значения среднемирового КИУМ ВЭС являются надежными. Поэтому среднее значение от определенных ранее границ будет близко совпадать с реальным.

Выводы. На основании полученных результатов, можно сделать выводы:

- В 21 веке ветроэнергетика развивалась по интенсивному пути, так как КИУМ ВЭС вырос с 21% до 25%.
- Однако в период 2012–2016 годов существует риск перехода к экстенсивному пути, так как коэффициент используемой мощности утратил прошлые темпы роста и находится примерно на одном и том же уровне.
- В настоящее время существует ряд стран (в особенности Китай и Индия) где неразвитая инфраструктура ограничивает рост КИУМ. Например, в Китае в провинции Ганьсу установлена мощнейшая ВЭС (12 ГВт в 2017 году), но из-за удаленности от потребителей и нехватки пропускной способности линий электропередач, значительно снижается её КИУМ (который составил около 9% из информационных источников). Выявление точек роста и исправление недочетов при работе ВЭС могут довести среднемировой уровень КИУМ до 30%.

Список литературы:

1. Безруких П.П. Ветроэнергетика. (Справочное и методическое пособие). М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2010. 99 с.
2. Vocard N. Capacity factor of wind power realized values vs. estimates // Energy Policy. 2009. Vol. 37 (7). P. 2679–2688.

СОЗДАНИЕ, РАЗРАБОТКА И БУДУЩЕЕ 3D-ПЕЧАТИ

Камелина А.И., Кривенцова А.А., Некоз С.Ю.

Московский технический университет связи и информатики, МТУСИ, Москва, Россия

3D-принтер – это периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели.

3D-моделирование является неотъемлемым этапом разработки сложных технологических или архитектурных форм. В недалеком прошлом, изначально разрабатывалась объемная модель в электронном виде, который впоследствии воплощался в реальной твердотельной копии. Этот процесс требовал значительных денежных и временных затрат.

В настоящее время процесс создания физической 3D копии виртуальной модели значительно упрощен благодаря устройствам быстрого прототипирования, также известных как 3D-принтеры. А процесс создания объёмной этой модели называется 3D-печатью.

В 1984 году компания Charles Hull разработала технологию трёхмерной печати для воспроизведения объектов с использованием цифровых данных, а двумя годами позже дала название и запатентовала технику стереолитографии.

Тогда же эта компания разработала и создала первый промышленный 3D-принтер. Впоследствии эстафету приняла компания 3D Systems, разработавшая в 1988 году модель принтера для 3D печати в домашних условиях SLA – 250.

В том же году компанией Scott Grump было изобретено моделирование плавными осаждениями. После нескольких лет относительного затишья, в 1991 году компания Helisys разрабатывает и выпускает на рынок технологию для производства многослойных объектов, а через год, в 1992, в компании DTM выходит в свет первая система селективного лазерного спаивания.

Затем, в 1993 году основывается компания Solidscape, которая и приступает уже к серийному производству принтеров на струйной основе, которые способны производить небольшие детали с идеальной поверхностью, причём при относительно небольших затратах.

Тогда же Массачусетский университет патентует технологию трёхмерной печати, подобную струйной технологии обычных 2D-принтеров. Но, пожалуй, пик развития и популярности 3D-печати всё же пришёлся на новый, 21 век.

В 2005 году появился первый 3D-принтер, способный печатать в цвете, это детище компании Z Corp под названием Spectrum Z510, а буквально через два года появился первый принтер, способный воспроизводить 50% собственных комплектующих.

Типы технологии, применяемые для создания слоев: экструзия, фотополимеризация, формирование слоя на выровненном слое порошка, подача проволоочного материала, ламинирование, точечная подача порошка, струйная печать.

Сам процесс печати – это ряд повторяющихся циклов, связанных с созданием трёхмерных моделей, нанесением на рабочий стол (элеватор) принтера слоя расходных материалов, перемещением рабочего стола вниз на уровень готового слоя и удалением с поверхности стола отходов.

Циклы непрерывно следуют один за другим: на первый слой материала наносится следующий, элеватор снова опускается и так до тех пор, пока на рабочем столе не окажется готовое изделие.

3D-печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания (выращивания) твёрдого объекта. Преимущества 3D печати перед привычными, ручными способами построения моделей – высокая скорость, простота и относительно небольшая стоимость.

Из главных положительных моментов нужно отметить возможность печати изделий из металла. Это происходит за счет использования железной стружки, которая смешивается с частичками полимера. Модель, сделанная из такого порошка, помещается в специальную

печь, где весь полимер выгорает, а железная стружка сплавляется. В итоге выходит железная деталь из смеси стали и бронзы, готовая к использованию.

В качестве базы в таком порошке может быть применена керамика либо стекло, что позволяет сделать после процедуры запекания теплостойкую либо устойчивую к химическим субстанциям модель.

Применяются технологии в совершенно разных сферах: для быстрого прототипирования, для быстрого производства, для форм литейного производства, позволяет увидеть работу механизма «изнутри», в производстве сложных, массивных, прочных и недорогих систем, медицине, при протезировании и производстве имплантатов, для строительства, в пищевом производстве.

Технология селективного лазерного сплетения подразумевает использование одного или нескольких лазеров для спекания частиц порошкообразного материала до образования трехмерного физического объекта. В качестве расходных материалов используются пластики, металлы керамика или стекло. Спекание производится за счет вычерчивания контуров, заложенных в цифровой модели с помощью одного или нескольких лазеров. По завершении сканирования рабочая платформа опускается, и наносится новый слой материала. Процесс повторяется до образования полной модели.

Печать по технологии наложения слоев расплавленных материалов выгодно отличается чистотой, простотой использования и пригодностью для применения в офисе. Детали из термопластика устойчивы к высоким температурам, механическим нагрузкам, различным химическим реагентам, влажной или сухой среде.

Растворимые вспомогательные материалы позволяют создавать сложные многоуровневые формы, полости и отверстия, которые было бы проблематично получить обычными методами. 3D-принтеры, действующие по этой технологии, создают детали слой за слоем, разогревая материал до полужидкого состояния и выдавливая его в соответствии созданными на компьютере путями.

Технология стереолитографии работает так: лазерный луч направляется на фотополимер, после чего материал затвердевает. В качестве фотополимера используется полупрозрачный материал, который деформируется под действием атмосферной влаги. После отвердевания он легко поддается склеиванию, механической обработке и окрашиванию. Рабочий стол (элеватор) находится в ёмкости с фотополимером. После прохождения через полимер лазерного луча и отвердевания слоя рабочая поверхность стола смещается вниз.

Еще одна технология объемной печати с использованием лазера — это ламинирование. Разработана она была компанией Helysis и проходила под торговой маркой LOM (Laminated Object Manufacturing). Сама Helysis в 2000 прекратила существование, а на основе ее технологии сейчас разрабатывают свое оборудование несколько других производителей.

Суть технологии такова – в машину по очереди заряжаются тонкие листы рабочего материала, из которого лазером вырезаются слои будущей модели. После резки слои склеиваются друг с другом.

В качестве материала первоначально использовалась специальная бумага со слоем клеящего вещества. Однако таким образом можно также нарезать тонкий пластик, керамику и даже металлическую фольгу.

Можно выделить следующие сферы использования 3D печати:

1. Творчество (скульптура, архитектура, ландшафты, светозвуковые лазерные инсталляции);
2. Промышленное производство (оптимизация стоимости энергетики, разработка новых видов технологии, судо- и кораблестроение, космическая промышленность, робототехника, высокоточные производства);
3. Живые организмы и биотехнические системы (воспроизводство биологических объектов, реплицирование, виртуализация – томография, лазерное, радарное сканирование трехмерного видения объекта).

ПРЕЗЕНТАЦИЯ НОВОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА»

Крылков М. Ю.¹, Крылков Н.М.²

¹m.krylkov@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

²Московский государственный университет, г. Москва, Россия

Асинхронные двигатели всегда были самыми надежными электрическими машинами, но до недавнего времени они использовались лишь в нерегулируемых электроприводах для механизмов, работающих с постоянной скоростью: конвейеров, вентиляторов, компрессоров, насосов. В последнее три десятилетия регулируемый асинхронный электропривод достиг значительного прогресса в своем развитии. Он вытеснил из многих областей синхронный привод и привод постоянного тока. Это связано с мировыми достижениями в области силовой электроники и микропроцессорной техники. Обычно на рынке к трехфазному асинхронному двигателю с короткозамкнутым ротором прилагается блок управления или частотный преобразователь (ПЧ). Последний (ПЧ) предназначен для управления скоростью вращения трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью от 0,4 до 185 кВт напряжением 380 В. В лабораторном стенде по соображениям безопасности используется подключение ПЧ к однофазной сети 220 В.

Частота вращения ротора асинхронного двигателя определяется по формуле:

$$n_2 = n_1(1 - s) = \left(\frac{f_1 60}{p}\right)(1 - s)$$

Из которой следует, что скорость вращения ротора асинхронного двигателя n_2 можно регулировать изменением одной из трех величин: скольжения s , частоты тока в обмотке статора f_1 или числа полюсов в обмотке статора p .

В настоящее время стандартным способом регулирования является регулирование изменением частоты тока в обмотке статора f_1 .

Преобразователь частоты (ПЧ) – это устройство, предназначенное для преобразования переменного тока (напряжения) одной частоты в переменный ток (напряжение) другой частоты.

В основу современного ПЧ заложено двойное изменение формы сигнала питающей электрической сети. В начале, промышленное напряжение подается на силовой выпрямительный блок с мощными диодами, которые убирают синусоидальные гармоники, но оставляют пульсации сигнала. Затем сигнал поступает на вход преобразователя частоты, который представляет собой мостовую трехфазную схему из шести силовых транзисторов серии IGBT или MOSFET. Управляющая часть ПЧ выполняется на микропроцессорах и обеспечивает управление силовыми электронными ключами, а также решение большого количества вспомогательных задач (контроль, диагностика, защита).

В ПЧ также присутствует система обмена данными с внешним миром.

Для возможности обучения студентов в мультимедийном классе с проектором был выбран двигатель небольшой мощности и соответствующий ему ПЧ, подключаемый к однофазной сети 220 вольт, то есть в обычную розетку.

По способу управления ПЧ можно настроить на векторный или скалярный способ управления. Способ управления выбирают в соответствии с типом механизма. Например, скалярный способ вполне подойдет для не очень сложных приводов, например, конвейеров, насосов, транспортеров, вентиляторов и т.д. Большим преимуществом скалярного способа управления является возможность управления более мощными двигателями, используя те же силовые элементы.

При скалярном управлении обычно поддерживается постоянное отношение максимального момента двигателя к моменту сопротивления на валу, точнее поддерживается неизменным отношение выходного напряжения к частоте.

Главным недостатком скалярного управления асинхронным двигателем является невозможность осуществления одновременного регулирования скорости и момента, и поэтому приходится осуществлять регулирование той величины, которая в данный момент времени наиболее важна в силу условий технологического процесса.

Векторное управление применяется в случае, когда в процессе эксплуатации нагрузка может меняться на одной и той же частоте. При векторном управлении нет четкой зависимости между моментом нагрузки и скоростью вращения. Векторное управление применяется в тех случаях, когда необходимо получить расширенный диапазон регулирования частоты при номинальных моментах, например, 0...50 Гц для момента 100% или даже кратковременно 150-200% от $M_{ном}$, это позволяет существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода. Этот метод обеспечивает непосредственное управление вращающим моментом двигателя. Вращающий момент определяется током статора, который создает возбуждающее магнитное поле. При непосредственном управлении моментом необходимо изменять кроме амплитуды и фазу статорного тока, то есть вектор тока. Этим собственно и обусловлен термин «векторное управление». Векторный способ управления преобразователем частоты позволяет осуществлять гораздо более качественное управление электродвигателем, нежели скалярный. В то же время настройка такого преобразователя требует глубоких познаний в области устройства электропривода и электрических машин [1].

После подключения мотора к преобразователю частоты (ПЧ), а ПЧ компьютеру необходимо настроить ПЧ. Это можно сделать двумя путями либо с компьютера, либо в автономном режиме кнопками на панели ПЧ по его паспорту.

Лабораторная установка включает ПЧ, асинхронный двигатель, компьютер и адаптер для управления ПЧ по протоколу ModBus, для создания нужного момента на валу двигателя используется ручной тормоз. Доступны также решения с использованием Ethernet — PROFINET, POWERLINK и Ethernet/IP, а также RS-485- PROFIBUS, CANopen.

Лабораторная система управления электропривода неявно содержит в себе математическую модель управления «ПЧ-двигатель», позволяющую рассчитать скорость вращения и момент вала. Стационарные характеристики строятся на компьютере в системе MathCad, а переходные характеристики строятся в системе MATLAB [3].

Студентам предлагается исследовать привод «ПЧ-электродвигатель» на разных режимах управления, включая скалярный и векторный способы. Они учатся управлять вращением двигателя с панели ПЧ и с компьютера, строить регулировочные и механические характеристики для скалярного и векторного способов управления «ПЧ-двигатель».

В докладе будет продемонстрирован лабораторный стенд для выполнения лабораторных работ, связанных с изучением электропривода геологоразведочного оборудования и соответствующих машин и установок на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и частотных преобразователей.

Литература

1. Шабанов В.А., Кабаргина О.В. Достоинства и перспективы использования частотно регулируемого электропривода магистральных насосов на НПЦ // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2011. Т. 2. С. 63-66.
2. М.Крылков. Лабораторная работа «Частотное регулирование электрического привода» по курсу «Основы автоматизации производственных процессов». Электронное издание. 2018г. <http://mgri-rgru.ru/fondi/libraries>
3. Басинский В.Г., Жернаков А.П., Крылков М.Ю. Методические указания к лабораторной работе «Исследование следящей системы» [Электронный ресурс]. – М: МГРИ-РГГРУ, 2017. – 23 с

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

Кузнецов П.А.

e-mail: kuznetsovpavel@inbox.ru, Санкт-Петербургский горный
университет, Санкт-Петербург, Россия

Научный руководитель – Б.Н. Абрамович, профессор кафедры ЭиЭМ, доктор
технических наук, СПбГУ

В настоящее время в традиционных электрических сетях появляется все больше источников альтернативной энергии и генераторов малой мощности, что превращает их в сети с распределенной генерацией. Анализ статистики Ростехнадзора демонстрирует, что количество объектов распределенной генерации, получивших допуск на ввод в эксплуатацию за последние 10 лет увеличилось на 940%, а суммарная мощность установок составила более 3 ГВт [1].

Сети такого типа считаются более надежными и мобильными, в сравнении с энергокомплексами традиционного типа. Тем не менее, рост источников альтернативной энергетики и эксплуатационные проблемы свидетельствуют о том, что эксплуатация сетей с распределённой генерацией является трудной задачей. Большое количество генераторов, работающих в разное время с разными параметрами выдвигает дополнительные требования к их синхронизации и поддержанию баланса мощностей. Негативный пример электросетей Германии, где множество ветряных станций работают на 30-50% своей нагрузки из-за отсутствия возможности быстро синхронизировать распределённую генерацию с основной энергосетью говорит о том, что быстрая модернизация может нанести вред. Перспективным решением кажутся вставки постоянного тока. Однако, наличие нелинейных преобразователей генерирует множество гармоник, искажающих формы кривых тока и напряжения, делая работу оборудования в сети неустойчивой. Все это приводит к возникновению каскадных отключений, что делает работу модернизированных сетей менее надежной, чем традиционных [2].

Гармоническое загрязнение и резонанс в системе могут уменьшить использование мощности и повредить изоляцию компонентов, если они не ограничиваются должным образом. Более того, может произойти системный сбой если в системе есть амплитуды высоких напряжений или токов. Гармоники, которые передаются по сетям переменного тока от элементов силовой электроники могут стать причиной перегрева оборудования и интерференции с цепями связи.

В связи с этим авторами был спроектирован и испытан модернизированный активный силовой фильтр с возможностью избирательной компенсации гармоник тока, основываясь на трехфазном многоуровневом преобразователе с фиксированной нулевой точкой. Предложенная конструкция имеет Хороший функционал для уменьшения токов индивидуальных гармоник или токов определенной группы гармоник, улучшая качество электроэнергии в сети, что отражается на суммарном коэффициенте гармонических искажений (THD). Силовой активный фильтр использует трехмерные синхронно вращающиеся системы координат с широтно-импульсным модулятором для генерации импульсов, которые необходимы преобразователю для производства компенсационных токов. Многоуровневая топология силового активного фильтра облегчает его применение в установках по качеству электроэнергии на передаточных и распределительных уровнях. Преимущество множественной или избирательной компенсации гармоник очевидно, т.к. фильтр может быть использован в составе различных установок для уменьшения индивидуальных гармонических токов или токов групп гармоник в дополнение к установкам компенсации реактивной мощности. Это свойство позволяет ему использовать в фильтре всю доступную мощность для уменьшения этих гармоник с огромным влиянием на THD [3].

Гармоники в токе нагрузки обнаруживаются с использованием техники синхронно вращающейся системы координат и фильтра низких частот (ФНЧ). Отсюда, в гармонической системе координат d-q только избранная гармоника является сигналом постоянного тока, а все другие частоты, включая номинальные, являются сигналами переменного тока. ФНЧ используется для удаления всех этих сигналов переменного тока, фильтруя только сигнал постоянного тока, представляющий интерес как гармонический ток [4]. Отфильтрованный d-q гармонический ток от нагрузки и преобразователя затем подается на PI-контроллер. Контроллер генерирует гармонические токи равной амплитуды, которую имеют токи, производимые нелинейной нагрузкой, к примеру, но противоположной полярности. Таким образом, гармонические токи благодаря нелинейной нагрузке будут скомпенсированы гармоническими токами преобразователя в точке общей связи.

Предложенное решение включает ограничение насыщения на каждом PI-контроллере для обеспечения того, что гармонические токи никогда не превысят разрешенный диапазон. Другими словами, опорное напряжение преобразователя достигает амплитуды большей, чем максимально разрешенное конденсатором постоянного тока напряжение. Это может привести к насыщению в сигнале модулятора что, в свою очередь, производит нежелательные гармонические токи. Главные преимущества этого решения те, что оно позволяет компенсировать единичный гармонический ток или их набор, согласно спецификации системы. К примеру, для компенсации могут быть выбраны только те гармонические токи, которые имеют наибольшее влияние на THD. Это довольно полезно, т.к. ФАМ не имеет бесконечного запаса мощности для компенсации гармонических токов.

В результате выполнения исследования авторами были разработаны алгоритмы развития каскадных аварий в традиционных электросетях и их модернизированных аналогах с наличием источников распределённой генерации, а также варианты их предотвращения. Положительный эффект достигается благодаря установке разработанного прототипа контроллера, соединенного через протокол Ethernet с активным силовым фильтром с возможностью селективной компенсации гармоник.

Разработанный контроллер выполнен на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 3 с подключаемым модульным дисплеем и устройствами ввода. Аппаратная платформа монтируется в алюминиевый корпус с возможностью установки на DIN-рейку. Контроллер сообщается по протоколу Ethernet с исполнительными модулями нижнего уровня, получающими информацию от потребителей и выполненных на платформе Arduino.

Функционально контроллер состоит из следующих модулей: модуль настраиваемых параметров пользователя, модуль вычисления уменьшения нагрузки, модуль вычисления отключения нагрузки, модуль контроля отключения нагрузки, модуль выбора подсетей и приоритетности, модуль вычисления степени критичности степени снижения частоты, модуль вычисления степени снижения частоты, модуль количества ИБП, модуль определения подсетей, модуль вычисления массива фазовых углов, умное электронное устройство нижнего уровня.

В настоящее время устройство проходит испытания в составе лабораторных стендов.

Список литературы

1. Кузнецов П.А. Повышение устойчивости микросетей к каскадным авариям с помощью распределенных генераторов: Материалы Международной научно-практической конференции. 13-16 ноября 2017 г. – М.: ИПКОН РАН, 2017 – 614 с.
2. Кузнецов П.А., Степанов О.А. Применение автоматических систем компенсации реактивной мощности для предотвращения веерных отключений. - Вестник Московского авиационного института Т. 24, №2, 2017 г. (стр. 157-163).
3. Абрамович Б.Н., Устинов Д.А., Сычев Ю.А., Шклярский А.Я. Методы компенсации провалов и искажений напряжения в электрических сетях нефтедобывающих предприятий. - Нефтяное хозяйство. 2014. № 8. С. 110-112.

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ

Лаврик А.Ю.

e-mail: lavrik.alexander@gmail.com, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Научный руководитель – Ю.Л. Жуковский, доцент кафедры ЭиЭМ, кандидат технических наук, СПбГУ

Одним из наиболее актуальных стратегических направлений, стоящих перед Россией в настоящее время, является освоение Арктики. Разведанные запасы углеводородов континентального арктического шельфа РФ оцениваются в более чем 100 млрд. т. нефтяного эквивалента, что составляет более 87% данных запасов на территории России [1]. Также Арктика богата биологическими ресурсами. Устойчивое развитие Арктики неразрывно связано и с вопросами национальной безопасности. .

Освоение Арктики невозможно без создания соответствующей инфраструктуры, в том числе надёжной и экономически эффективной системы электроснабжения нефте- и газодобычных комплексов, аппаратуры магистральных трубопроводов, вахтовых посёлков, населённых пунктов. Одним из новых направлений для российской Арктики являются возобновляемые источники энергии (ВИЭ), в частности – энергия солнца и ветра.

Построение надёжной системы на основе дизельных генераторов связано с огромными финансовыми затратами: себестоимость 1 кВт·ч учётом доставки дизельного топлива (ДТ) нередко составляет 80-120 руб. [2], что даёт основания предполагать экономическую привлекательность ВИЭ. Необходимо учитывать и экологические аспекты.

Анализ статистических данных по уровням солнечной радиации показывает значительный потенциал ВИЭ в российской Арктике. В среднем для региона характерно значение прямой солнечной радиации 2,5 кВт·ч/кв. м./сут., а для большей части Арктической зоны Сибири – 4 кВт·ч/кв. м./сут [3]. Расчёт, основанный на многолетней статистике NASA [4], показал, что экономия ДТ при установке неподвижной солнечной электростанции (СЭС) мощностью 100 кВт для одной из научных полярных станций ААНИИ на арх. Северная Земля составляет около 15,4 т./год, а для военной базы МО РФ на арх.Земля Франца-Иосифа – 18 т./год. Применение солнечной энергии оказывается наиболее простым решением с технической точки зрения: низкая температура положительно влияет на КПД СЭС, который в итоге оказывается даже больше номинального; охлаждение способствует более эффективной работе инвертора напряжения; возможность выполнения СЭС без движущихся частей не вызывает удорожания конструкции и сложностей в эксплуатации. Основным сдерживающим фактором, кроме свойственных ВИЭ высоких капитальных затрат, является явление полярной ночи. Также может потребоваться регулярная очистка модулей от снега.

Ещё большим потенциалом в генерации энергии в условиях Арктики обладают ветряные электростанции (ВЭС). Анализ карты ветров [5] показывает, что на территории большей части региона среднегодовая скорость ветра превышает 5 м/с, что является крайне благоприятными условиями. Расчёт для ВЭС мощностью 100 кВт для вышеприведённых объектов демонстрирует потенциальную экономию 110,6 т./год и 102,1 т./год ДТ соответственно. Вместе с тем, несмотря на очень большой потенциал ветроэнергетики, существует недостатки, сопряжённые в первую очередь с техническими проблемами. Необходимость применения специальных конструкторских решений для недопущения образования наледи и конденсата, использование смазок и материалов, устойчивых к экстремально низким температурам и резким перепадам температур, защита ВЭС от действия штормовых ветров существенно удорожает стоимость проекта.

Примерный расчёт затрат на строительство СЭС и ВЭС, произведенный без учёта стоимости аккумуляторов и контроллеров заряда (по причине необходимости наличия информации о потребителях и режимах работы нагрузки) позволяет полагать стоимость около 13 млн. руб. и 18,5 млн. руб. соответственно. Данные о стоимости ДТ с учётом доставки по Северному морскому пути [6] позволили оценить срок окупаемости объектов ВИЭ. Так, для СЭС этот срок составляет порядка 20 лет, приближаясь к периоду жизни станции. Следует отметить, что результат для других объектов может быть лучше – так, всего в 100 км. от рассматриваемой полярной станции уровень инсоляции в летнее время больше на 22%. Срок окупаемости ВЭС даже при двукратном увеличении стоимости ввиду необходимости арктического исполнения может составить 6-8 лет.

В статье также рассмотрен российский опыт применения ВИЭ в условиях Арктики. В частности, приведена информация о СЭС мощностью 16 кВт в национальном парке «Русская Арктика», сохраняющей 1 т. ДТ каждый полевой сезон. Также рассмотрен неудачный опыт с единственной в РФ ВЭС за Полярным кругом мощностью 250 кВт в г. Лабитнанги. При расчётной выработке ВЭС 545 тыс. кВт·ч/год, (экономию 109 т. ДТ в год) ВЭС за 2 года произвела 87 тыс. кВт·ч/год – сказались постоянные поломки и ожидание комплектующих. ВЭС дорабатывалась под суровые климатические условия уже после установки, в то время как они должны приниматься во внимание еще на этапе проектирования.

Таким образом, СЭС предпочтительно располагать в районах с относительно большим уровнем инсоляции, при необходимости электроснабжения только в полевой сезон, для обеспечения дрейфующих и нестационарных полярных станций, а также если они располагаются на непрочных льдах. В случае достаточно большой мощности электроприёмников (десятки кВт), на стационарных объектах и при возможности устройства фундамента предпочтение следует отдавать ВЭС.

Кроме того, в статье приведены сведения о зарубежных разработках, которые могут повысить эффективность применения ВИЭ в условиях Арктики. Так, в США доказана эффективность бескаркасного исполнения СЭС для борьбы со снегом на модулях [7].

Таким образом, можно сделать вывод о большом потенциале использования ветряной и солнечной генерации в условиях российской Арктики. Значительные ресурсы ВИЭ, в особенности ветра, позволяют говорить о высокой значимости исследовательской и опытно-конструкторской работы в этом направлении.

Список литературы

1. Каминский, В.Д. Минерально-сырьевые ресурсы арктической континентальной окраины России и перспективы их освоения / В.Д. Каминский, О.И. Супруненко, А.Н. Смирнов // Арктика: экология и экономика. – 2014. – №3 (15). – С. 52.
2. Эксперты: в Арктике возможно широкое применение альтернативной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tass.ru/v-strane/4382568>. – (Дата обращения: 15.01.2018).
3. Попель, О.С. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации. / О.С. Попель, С.В. Киселева, М.О. Моргунова и др. // Арктика: экология и экономика. – 2015. – №1 (17). – С. 67.
4. NASA Surface meteorology and Solar Energy: Global Data Sets [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>. – (Дата обращения: 15.01.2018).
5. Национальный атлас России: ветровой режим. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [национальныйатлас.рф/cd2/172/172.html](http://nationalatlas.ru/cd2/172/172.html). – (Дата обращения: 15.01.2018).
6. Дубровин, Е. Как снизить затраты на углеводородное топливо в Арктике / Е. Дубровин, И. Дубровин // Энергетика и промышленность России. – 2018. – №01-02. – С. 32-33.
7. Let it Snow: How Solar Panels Can Thrive in Winter Weather [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energy.gov/eere/articles/let-it-snow-how-solar-panels-can-thrive-winter-weather>. – (Дата обращения: 20.01.2018).

КОГЕНЕРАЦИОННОЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ СИСТЕМАМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Лимитовский А.М.

e-mail: mgri-rggru@yminer.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Для предприятий производящих геологоразведочные и горные работы отличающихся высокой энергоёмкостью удаленностью от централизованных энергосистем, комплексным потреблением как электрической, так и тепловой энергии и целым рядом характерных специфических особенностей, напрямую влияющих на технологию производства работ и уровень их энергопотребления, вопросы оптимизации энергообеспечения имеют особое значение.

Обоснование оптимальной системы энергообеспечения этой группы предприятий всегда являлось важной задачей, а в настоящее время в условиях разрыва производственных связей, ликвидации единой энергосистемы, дефицита энергоресурсов, роста цен на энергоносители и подключения к региональным системам, актуальность комплексного оптимального энергообеспечения многократно возрастает.

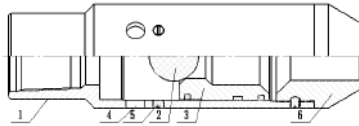
Сегодня в связи с приватизацией и изменением условий ценообразования в области производства, передачи и распределения электроэнергии отмечается изменение, стратегической направленности энергообеспечения с проявлением все большего интереса к локальным комплексным (когенерационным) энергоисточникам. К которым относятся в первую очередь дизельные и газотурбинные электростанции, позволяют более эффективно и в короткие сроки обеспечить электрической и тепловой энергией удаленные объекты.

В проблеме оптимизации комплексного энергообеспечения объекта должны быть в первую очередь решён вопрос внешнего электроснабжения, если он имеет место быть. А после выбора системы электроснабжения решаются вопросы внутреннего (комплексного) энергообеспечения (групповые присоединения, тип энергоисточника и прочее).

Предварительные результаты технико-экономических исследований, выполненных применительно к конкретным горным объектам и конкретным энергоисточника, изложат мои соавторы по исследуемой проблеме.

Список литературы

1. Лимитовский А.М., Косьянов В.А. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ: Учебник для вузов, - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: РУДН, 2009 – 384с.
2. Лимитовский А.М., Меркулов М.В., Косьянов В.А. Энергообеспечение технологических потребителей геологоразведочных работ: Учебное пособие, - М.: ООО «ИПЦ “МАСКА”», 2008 – 136с.



После открытия муфты

1-верхний штуцер; 2-шар; 3-гнездо шара; 4-разрывной порт; 5-штифт сдвига; 6-нижний штуцер

Рис.2. Схема открытия скользящей муфты

Основываясь на понимании структуры и принципа инструмента для МГРП горизонтальных скважин, была создана модель расчета давления раскрытия трещин с открытым забоем для горизонтальных скважин. Давление раскрытия трещин в устье скважин включает давление трения трубы, давление трения разрывного порта, давления гидростатического колонны и давление разрыва в коллекторах.

Формула расчета давления раскрытия трещин на следующий:

$$P_t = P_{jk} - P_h + P_f + P_{pf} \quad (1)$$

где P_t - давление закачки жидкости в скважину,МПа.

P_{jk} -давление разрыва пласта,МПа.

P_h -гидростатическое давление,МПа.

P_f -падение давления сопротивления трения в трубе скважины,МПа.

P_{pf} -падение давления сопротивления трения в разрывном порте,МПа.

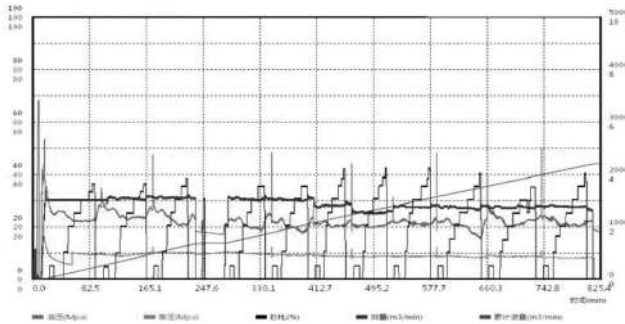


Рис.3. Кривой давления МГРП

Из кривой давления обработки(Рис.3) и теоретического расчета можно найти, что давление раскрытия трещин всех интервалов колеблется от 47 до 50 МПа. Из-за неоднородности коллектора или распределения естественных трещин нерегулярно распределяется по кривой давления обработки, что является причиной некоторой погрешности между теоретическим расчетом и фактическим давлением разрыва.

Во время обработки МГРП, качество инструмента, параметры закачки жидкости в скважину и геологические характеристики коллектора влияют на способность открытия скользящей муфты. Для обеспечения нормального открытия каждой скользящей муфты, прежде всего, надо выбрать сочетания хорошего качества инструмента, во-вторых, должны обеспечить обоснованности и упорядоченности обработки ГРП, в-третьих, через скважинные каротажные или предлоговые скважины должны глубоко понимать геологических характеристик коллектора.

Литература

- [1] Tian Shouzeng, Li Gensheng, Huang Zhongwei, et al. Research on hydrajet fracturing mechanisms and technologies [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2008, 30(1): 58-62.
- [2] Xie Jianhua, Liu Chongjiang, Zhao Lichuan, et al. Technologies of bridge plug fracturing [J].

Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2004, 24(4):38-39.

[3]Sealer, Athansj, Themigd. An effective horizontal well completion and stimulation system[C]//Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 5-8 November 2006, Abu Dhabi, UAE.

[4]Lin Yingsong, Jiang Jinbao, Liu Zhaonian, et al. A new technology of coiled-tubing fracturing [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2008, 15(2):118-121.

[5] Xing Qinghe, Zhang Shicheng. Development progress and application of the limited-entry fracturing in horizontal wells [J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(3): 52-54.

[6]Ottmarhoch, Martystromquist, Gordon, Love, et al. Multiple precision hydraulic fractures of low-permeability horizontal open hole sandstone wells [R]. SPE 84163, 2003.

[7] Wang Tengfei, Xu Yun, Jiang Jianfang, et al. The technology of annulus hydraulic-jet fracturing with coiled tubing [J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(1): 65-67.

[8]Lu Yanjun, Yang Zhaozhong, Li Xiaogang, et al. Staged Fracturing Technologies and Field Applications of Open Hole Horizontal Wells[J]. Xinjiang Petroleum Geology,2014,35(2):230-234

ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ ПОВЫШЕННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ С НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКОЙ

Лях Д.А.

lyakh_danila@mail.ru, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Научный руководитель – Б.Н. Абрамович, профессор кафедры ЭиЭМ, доктор
технических наук, СПбГУ

В настоящее время конденсаторы косинусные высоковольтные применяются в электрических установках на переменном токе частотой 50 и 60 Гц с целью увеличения значения коэффициента его мощности, а также при комплектации различных конденсаторных установок. Конденсаторы косинусные высоковольтные сертифицированы соответственно регламенту международного стандарта, действующего на территории Российской Федерации.

Проблемы, создаваемые гармониками:

1. дополнительный нагрев и выход из строя конденсаторов, предохранителей
2. конденсаторов, трансформаторов, электродвигателей, люминесцентных ламп и т.п.;
3. ложные срабатывания автоматических выключателей и предохранителей;
4. наличие третьей гармоники и ее производных 9,12 и т.д. в нейтрали может
5. потребовать увеличения сечения ее проводника;
6. гармонический шум (частые переходы через 0) может служить причиной
7. неправильной работы компонентов систем контроля;
8. повреждение чувствительного электронного оборудования;
9. интерференция систем коммуникации.

Дополнительные потери активной мощности, обусловленные несинусоидальностью питающего напряжения, приводят к существенному возрастанию температуры конденсаторов и сокращению их срока службы.

Величина дополнительных потерь в конденсаторной установке (КУ), обусловлена несинусоидальностью питающего напряжения,

$$\Delta P_{\kappa} = Q_n \operatorname{tg} \delta \sum_{v=2}^{\infty} v U_v^2, \quad (1)$$

где Q_n – номинальная реактивная мощность КУ;

$\operatorname{tg} \delta$ – тангенс учета потерь диэлектрика на основной частоте.

Дополнительный нагрев конденсаторов вследствие увеличения потерь:

$$\Delta \tau = \theta - \theta_n = \theta_n \left(\frac{\theta}{\theta_n} - 1 \right), \quad (2)$$

где θ_n и θ – температуры наиболее нагретой точки конденсатора и окружающей среды соответственно в номинальном режиме и при наличии высших гармонических в питающем напряжении.

Дополнительный нагрев конденсаторов:

$$\Delta \tau = \Delta P_{\kappa} / \Lambda, \quad (3)$$

где Λ – параметр, характеризующий тепловую проводимость конденсатора.

С учетом (1.2):

$$\theta / \theta_n = \frac{(\Delta P_{\kappa,н} + \Delta P_{\kappa})}{\Delta P_{\kappa,н}}, \quad (4)$$

где $\Delta P_{\kappa,н}$ – потери активной мощности в конденсаторах в номинальном режиме.

В соответствии с кратность снижения срока службы КУ определяются из выражения

$$\gamma = \exp \left(b \sum_{v=2}^{\infty} v U_v^2 \right). \quad (5)$$

Для конденсаторов с бумажной изоляцией $\theta_n \approx 30^\circ\text{C}$ и $b=0,0866$, $b \cdot \theta_n=2,6$.

Поэтому,

$$\gamma = \exp \left(2,6 \sum_{v=2}^{\infty} v U_v^2 \right). \quad (6)$$

Резонанс в сети достигается, когда сопротивление конденсатора равно сопротивлению источника. Когда мы применяем конденсаторы для компенсации реактивной мощности в распределительных сетях, которые содержат и емкостную и индуктивную (индуктивность линии, силовых трансформаторов) составляющую, всегда существует частота на которой возможно явление параллельного резонанса конденсатора с источником. Если это происходит, или частота близка к частоте резонанса, то гармоники, генерируемые силовыми полупроводниками (большие токи гармоник) начинают циркулировать между генерирующей сетью и конденсаторным оборудованием. Такие токи приводят к возмущениям и искажениям напряжения в сети. Как результат: повышенное напряжение на конденсаторах и повышенный ток через них, где резонанс может произойти на любой частоте, но в основном это 5-я, 7-я, 11-я и 13-я гармоники.

Гармонические искажения могут подавляться в электрических системах при использовании гармонических фильтров. В классическом виде фильтр представляет собой последовательно соединенные конденсатор и индуктивность и настроенные на определенную гармоническую частоту. В теории сопротивление фильтра равно нулю на частоте резонанса, поэтому гармонический ток поглощается фильтром. Этот эффект вместе с сопротивлением линии означает, что таким образом можно хорошо подавлять гармоники в сети.

Чувствительность конденсаторов к высшим гармоникам всегда должна учитываться при применении конденсаторов в электрических сетях. Применение конденсаторов сопряжено с возможностью резонансных явлений благодаря образованию индуктивными и ёмкостными элементами сети последовательных и параллельных цепей. Резонансные явления сопровождаются усилением напряжений (резонанс напряжений) или токов (резонанс токов) на частотах выше номинальной (50 Гц), обусловленных наличием в сети источников высших гармоник тока. На резонансной частоте индуктивное $X_{L(n)}$ и ёмкостное $X_{C(n)}$ сопротивления равны. Важно, чтобы содержание гармоник в напряжении электропитания было ограничено. Так же важно чтобы была возможность увеличить надежность конденсаторов.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.
2. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Кучинский Г.С., Назаров Н.И., Назарова Г.Т., Переселенцев И. Ф. Силовые электрические конденсаторы. – М.: Энергия, 1975. 248 с.
4. Справочник по Электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети/ Под. общ. ред. А.А. Федорова, Г.В. Сербиновского. –2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. 576 с.
5. Горбачёв Г.Н. Промышленная электроника / Г.Н. Горбачёв, Е.Н. Чаплыгин // М.: Энергоатомиздат. 1988. – 320 с.

СРАВНЕНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ И ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, КАК ЛОКАЛЬНЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИОННОГО ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ

П.С.Махоткин, А.М.Лимитовский.

mahotkin.pioter@yandex.ru

МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Научный руководитель – А.М. Лимитовский, профессор кафедры МАиЭ ГРП, доктор технических наук, МГРИ-РГГРУ

На энергообеспечение горного предприятия приходится наибольшая статья из всех экономических затрат. Поэтому комплексное сравнение локальных энергоисточников, с целью выбора наиболее оптимального варианта, является актуальным вопросом.

В настоящий момент, электрическая и тепловая энергия из региональных энергоисточников имеет высокую цену и нередко неудовлетворительное качество. По этой причине, в отдаленных районах при введении геологоразведочных работ основным энергоисточником являются дизельные электростанции. К их достоинствам относят: обеспечение качественными параметрами энергии, устойчивость работы в тяжелых условиях и быстрый запуск, однако такой способ получения энергии имеет серьезный недостаток, это дороговизна топлива. Альтернативным источником получения энергии может являться газотурбинная электростанция. К её преимуществам относят низкую металлоемкость, компактность, возможность работы на газообразном и дизельном топливе, высокую степень автоматизации и дистанционное управление, а к недостаткам низкий КПД без использования когенерационного оборудования и высокую шумность работы.

Рекомендуется при условии утилизации тепла в качестве основного энергоисточника при когенерационном энергообеспечении, следует использовать газотурбинные электростанции. В случае применения локального энергоисточника как аварийного следует ориентироваться на дизельные электростанции, обеспечивающие более быстрый ввод.

Список литературы

1. Лимитовский А.М., Косьянов В.А. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ: Учебное пособие для вузов, - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: РУДН, 2008 – 384с.
2. Лимитовский А.М., Соловьев А.М. Электрооборудование и электроснабжение горных работ: Программные положения и учебно-методическое пособие, 2016 – 45с.
3. Лимитовский А.М., Соловьев А.М., Косьянов В.А. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ: Методические указания, 2011 – 53с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЭЖЕКЦИИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВС НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО РАБОТЫ.

Меркулов М.В.

mvm.07@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Для бурения разведочных скважин с очисткой забоя воздухом применяют передвижные поршневые компрессоры с приводом от двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

При сгорании топлива в ДВС только часть теплоты преобразуется в полезную работу. Эта величина зависит от ряда факторов и в реальных условиях не превышает 30-35% [1]. Применение устройств, технологических схем утилизирующих избыточную теплоту ДВС позволит существенно повысить общий КПД установки.

Использование теплоты выхлопных газов связано с повышением сопротивления на выходе ДВС, что при повышенном противодавлении ухудшает рабочий процесс в цилиндре двигателя: снижается расход воздуха, наполняемость цилиндров свежим зарядом и падает эффективная мощность двигателя.

С целью повышения эффективности компрессора с приводом от ДВС и снижения затрат на теплоснабжение при бурении геологоразведочных скважин с продувкой воздухом возможно применение вихревой трубы [2]. Вихревая труба работает на основе эффекта Ранка-Хилша. Суть вихревого эффекта заключается в разделении газа при закручивании в цилиндрической или конической камере на две фракции. На периферии образуется закрученный поток с большей температурой, а в центре – закрученный охлажденный поток.

Нами было предложено устройство утилизации теплоты ДВС компрессора и нагретого воздуха, выходящего с горячего выхода вихревой трубы [3], в котором для снижения вредного влияния сопротивлений теплообменника, горячий поток высокого давления с вихревой трубы подается в сопло, установленное в выхлопном трубопроводе. В сопле происходит разрежение газов, при котором струя горячего потока воздуха с вихревой трубы, выходя с большой скоростью из сопла, увлекает за собой выхлопные газы. При этом уменьшается сопротивление движению выхлопных газов создаваемое теплообменником, что способствует снижению расхода топлива двигателем.

При прекращении процесса бурения на небольшие промежутки времени, когда не требуется очистка забоя, компрессор работает вхолостую, что приводит к дополнительным затратам топлива и снижает эффективность бурения.

С целью определения влияния эжекции выхлопных газов ДВС на эффективность его работы, нами были проведены экспериментальные исследования расхода топлива при эжекции выхлопных газов потоком воздуха от вихревой трубы.

Основными задачами экспериментальных исследований являлись следующие:

- определение расхода топлива ДВС при использовании теплообменника без эжекции;
- определение расхода топлива ДВС при использовании теплообменника и эжекционного сопла;
- установление зависимости экономии топлива от нагрузки двигателя.

Исследования проводились с использованием бензоагрегата с генератором мощностью 2 кВт. В качестве нагрузки генератора использовались лампы накаливания. Нагрузку увеличивали по 300 Вт, от 0 до 1800 Вт. Вихревая труба устанавливалась в эжекционном сопле, расположенном в выхлопном коллекторе бензоагрегата, перед теплообменником. Сжатый воздух подавался в вихревую трубу от компрессора.

Экспериментальные исследования проводились в два этапа. Первый этап испытания проводился с подсоединением к глушителю бензоагрегата теплообменника, без применения эжекционного сопла. Бензоагрегат загружался дискретно через 300 Вт, и

нагрузка изменялась от 0 до 1800 Вт. На каждом уровне нагрузок проводился замер расхода топлива в течение постоянного периода времени.

Второй этап проводился с подключением перед теплообменником эжекционного сопла и вихревой трубы и весь комплекс замеров проводился заново в том же порядке.

Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Нагрузка на двигатель. Ватт	Расход топлива ДВС (без применения эжекционного сопла), кг/ч	Расход топлива ДВС (с применением эжекционного сопла), кг/ч
300	0,42	0,36
600	0,54	0,48
900	0,6	0,54
1200	0,72	0,66
1500	0,84	0,72
1800	0,96	0,9

В ходе испытаний с применением эжекционного сопла наблюдалось снижение расхода топлива. Величина экономии топлива увеличивается с увеличением нагрузки двигателя. Результаты экспериментальных исследований показывают, что применение эжекционного сопла позволяют снизить расход топлива ДВС в среднем на 7÷10 %.

Список литературы.

1. Меркулов М.В., Косьянов В.А. Теплотехника и теплоснабжение геологоразведочных работ. Учебное пособие. Волгоград: Ин-фолио, 2009 -272с.
2. Джураев Р.У, Меркулов М.В. Нормализация температурного режима скважин при бурении с продувкой воздухом. -Навоий, «А. Навоий», 2016 – 128с..
3. Джураев Р.У, Меркулов М.В. Утилизация теплоты ДВС привода компрессора и избытков воздуха при бурении геологоразведочных скважин с продувкой воздухом. Горный информационно-аналитический бюллетень - ГИАБ, №7, 2016 г. С 186-192.

КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРОПРОГРЕВА НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ С ПИТАНИЕМ ОТ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Михайлов М.Э.

M.Mikhailov96@mail.ru, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Научный руководитель – А.А. Бельский, доцент кафедры ЭиЭм, кандидат технических наук, СПбУ

Введение. При добыче нефти серьезной проблемой, вызывающей осложнения в работе скважин, нефтепромыслового оборудования и трубопроводных коммуникаций, является образование парафиновых отложений (ПО), формирование которых приводит к снижению производительности системы и эффективности работы насосных установок.

Выбор оптимальных способов борьбы с ПО и эффективность различных методов зависит от многих факторов, в частности, от способа добычи нефти, термобарического режима течения, состава и свойств добываемой продукции. Несмотря на большое разнообразие методов борьбы с ПО, проблема еще далека от разрешения и остается одной из важнейших в отечественной нефтедобывающей отрасли [1].

Практика добычи нефти на промыслах показывает, что основными участками накопления ПО являются скважинные насосы, подъемные колонны в скважинах, выкидные линии от скважин, резервуары промысловых сборных пунктов. Наиболее интенсивно ПО откладываются на внутренней поверхности подъемных труб скважин. В выкидных линиях их образование усиливается в зимнее время, когда температура воздуха становится значительно ниже температуры газонефтяного потока. [2, 3].

Наиболее эффективными способами борьбы с парафиновыми отложениями являются тепловые методы воздействия на ствол скважины, основанные на способности ПО не образовывать твердой фазы или плавиться при температурах, превышающих температуру кристаллизации 35–50°C.

Прогрев позволяет предотвратить образование отложений на стенках труб. В результате, пропускное сечение труб остается постоянным и объемы добычи нефти из скважины не снижаются. Также происходит сокращение издержек на ремонт скважинного оборудования, за счет чего экономическая эффективность эксплуатации скважины увеличивается.

Актуальность. В настоящий момент технология электропрогрева нефтяной скважины с питанием от ветрогенератора находится в разработке. Большинство современных месторождений нефти в России расположены в местах удаленных от централизованной системы электроснабжения (СЭС). Однако, анализ карты ветров России показал, что свыше половины из этих удаленных от централизованной СЭС мест имеют высокий ветроэнергетический потенциал [4]. В качестве альтернативы постройки новых электрических сетей может выступать использование автономных энергокомплексов на базе ветроэлектрических установок (ВЭУ).

Цель научной работы. Данная научная работа посвящена решению актуальной задачи для нефтегазовой отрасли России по разработке энергоэффективной технологии электропрогрева нефтяных скважин с использованием ВЭУ.

Принцип работы комплекса. Электропрогрев осуществляется с помощью нагревательного кабеля, размещаемого непосредственно во внутреннем пространстве насосно-компрессорных труб в скважине, что позволяет осуществлять прогрев любых типов скважин при фонтанном, газлифтном и электромеханическом способе добычи нефти. Такая схема реализации электроподогрева практически не требует остановки скважины. Процесс

спуска грузонесущего нагревательного кабеля соответствует стандартным работам с геофизическими приборами, и выполняются аналогично.

Вся выработанная электроэнергия ВЭУ расходуется в нагревательном кабеле. Нагрев скважины зависит от текущих ветровых условий, таким образом, происходит ее периодический нагрев. Данный режим является допустимым, и так же применяется при подключении установки электропрогрева от централизованного электроснабжения [5].

Система управления обеспечивает максимальную эффективность работы ВЭУ в заданных ветровых условиях. В случае перегрева нефти, по сигналу от датчика температуры установка временно отключается.

Достоинствами данной концепции является непосредственное тепловое воздействие на парафиновые отложения без использования промежуточного теплоносителя, удобство технической реализацией, высокая надежность, отсутствие сложных систем управления требующих присутствия высококвалифицированного персонала. К недостаткам можно отнести высокую стоимость ВЭУ.

Методы проведенных исследований. В работе использованы методы теории электрических цепей, электрических машин, имитационного математического моделирования в среде MatLab Simulink, численного анализа с использованием пакета MathCAD, MS Excel, экспериментальных исследований электротехнических и электромеханических комплексов.

Основные результаты. В ходе выполнения работы были достигнуты следующие результаты.

- Определен состав комплекса электропрогрева нефтяной скважины с питанием от ВЭУ.
- Разработана компьютерная модель в среде Simulink MatLab, адекватность работы которой проверена на имитационном лабораторном стенде.
- Получены рабочие энергетические характеристики комплекса.
- Определены коэффициенты использования установленной мощности (КИУМ) ВЭУ при вариации ветровых условий и параметров греющего кабеля.
 - Рассмотрена три режима работа комплекса: при постоянном оптимальном сопротивлении греющего кабеля, при его ступенчатом регулировании (изменении сопротивления кабеля в зависимости от текущих ветровых условий) и при использовании промежуточного DC/DC-преобразователя при постоянном оптимальном сопротивлении греющего кабеля.
 - Произведен тепловой расчет.
 - Предложена методика нахождения номинальной мощности ВЭУ в составе нагревательного комплекса.

Список литературы

1. Жданкин Е.В. Обзор возможных концепций термической интенсификации добычи нефти с применением автономных ветроэлектрических установок // Современная наука и практика. 2015, № 3 (3). С. 23–26.
2. Иванова Л.В., Буров Е.А., Кошелев В.Т. Асфальтосмоловые отложения в процессах добычи, транспорта и хранения // Нефтегазовое дело. 2011, №1. С. 268–284.
3. Глушенко В.Н., Силин В.Н. Предупреждение и устранение асфальтеносмолопарафиновых отложений. Нефтепромысловая химия / М.: Интерконтракт Наука. 2009. 475 с.
4. Бельский А.А., Яковлева Э.В. Обоснование возможности использования возобновляемых источников энергии для энергоснабжения объектов минерально-сырьевого комплекса // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2013, №2-2 (120). С. 63-67.
5. Бельский А.А., Жданкин Е.В. Технология интенсификации добычи высоковязкой нефти с применением автономных ветроэлектрических установок // Естественные и технические науки. 2015, №4. С. 150–151.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА.

Мокеева О.Н., Назарова А.С., Некоз С.Ю.

Московский технический университет связи и информатики, МТУСИ, Москва, Россия

Под искусственным интеллектом (ИИ) понимается одно из направлений информационных технологий, которое занимается изучением и разработкой систем (машин), наделенных возможностями человеческого интеллекта: способность к обучению, логическому рассуждению и так далее.

Первые работы в области ИИ начали вести в середине прошлого века. Одним из первых исследователей в этом направлении стал Алан Тьюринг, хотя определённые идеи начали высказывать философы и математики в Средние века. После встречи группы ученых в американском университете Дортмунда в 1956 году, началось активное развитие машин с возможностями искусственного интеллекта.

На данный момент развитие технологий искусственного интеллекта идет по двум направлениям: нисходящее (семиотическое) и восходящее (биологическое). Можно выделить подходы разработок ИИ:

1. Интуитивный подход.
2. Символьный подход.
3. Логический подход.
4. Агентно-ориентированный подход.
5. Гибридный подход.

Символьный подход - позволяет оперировать слабо формализованными представлениями и их смыслами.

Логический подход - к созданию систем искусственного интеллекта направлен на создание экспертных систем с логическими моделями баз знаний с использованием языка предикатов (Предикат в программировании – выражение, использующее одну или более величин с результатом булева типа).

Агентно-ориентированный подход. Согласно этому подходу, интеллект – это вычислительная часть (грубо говоря, планирование) способности достигать поставленных перед интеллектуальной машиной целей.

Гибридный подход – предполагает, что только синергетическая комбинация нейронных и символьных моделей достигает полного спектра когнитивных и вычислительных возможностей

Большинство людей могут быть удивлены, узнав, что уже пользуются устройствами с искусственным разумом. К примеру, виртуальные личные помощники (Siri, Kortana, Алиса и др.), видеоигры, а также системы видеонаблюдения, онлайн поддержка клиентов, автомобили с искусственным интеллектом и так далее.

Далее можно задуматься о скорости развития технологий искусственного интеллекта, то есть чем быстрее развиваются технологии ИИ, тем сильнее людей захватывает опасение — как быстро они останутся без работы. На вопрос, действительно ли все так плохо, можно ответить и да, и нет. Например, появление электронных вычислительных машин, которые заменили человека в задачах, основанных на поточных математических расчётах, привело к исчезновению определенных профессий. Однако в наши дни мы видим, что на смену вымершим профессиям пришли новые.

Не смотря на широкое распространение искусственного интеллекта, особое значение ему придается при создании роботов, другими словами в робототехнике. Сейчас почти невозможно представить себе современного робота, не обладающего искусственным интеллектом.

Робот – это программируемое механической устройство, способное выполнять задачи и взаимодействовать с внешней средой без помощи со стороны человека. Робототехника – это научная и техническая база для проектирования, производства и применения роботов.

Выделяют шесть общих задач робототехники:

1. Перемещение – передвижение в любой среде;
2. Ориентация – осознать свое местоположение;
3. Манипуляция – свободно манипулировать предметами окружающей среды;
4. Взаимодействие – контактировать с себеподобными;
5. Коммуникация – свободно общаться с человеком;
6. Искусственный интеллект – робот должен самостоятельно решать как ему выполнить команду человека.

История робототехники уходит в глубокую древность. Уже в те времена появились идеи создания технических средств, похожих на человека, и были предприняты первые попытки по их созданию. В средние века большой популярностью пользовались различного рода автоматы, основанные на использовании часовых механизмов.

Технический прогресс в развитии роботов был направлен, прежде всего, на совершенствование систем управления. Промышленные роботы первого поколения имели программное управление, в основном заимствованное у станков с числовым управлением. Второе поколение роботов – это очувствленные роботы, т. е. снабженные сенсорными системами, главными из которых являются системы технического зрения. Новые роботы с системами машинного зрения весьма сильно отличаются от роботов-автоматов старого типа. Прежние промышленные системы требовали, чтобы деталь находилась в определенное время в точно заданном месте. Робот был попросту слеп и запрограммирован только на то, чтобы взять деталь и выполнить операцию. Каждый этап и процесс в работе требовали ручного и довольно тщательного программирования. Новые системы, использующие для идентификации и поиска объектов видеокамеры и программное обеспечение, являются в этом отношении более гибкими и позволяют более свободное перемещение деталей на разных этапах обработки. Третье поколение роботов – это интеллектуальные роботы, т.е. с интеллектуальным управлением. Интеллектуальный робот – это робот конкретного назначения, в основных функциональных системах которого используются методы искусственного интеллекта.

26 октября 2017 года ознаменовалось уникальным событием, которое способно перевести робототехнику на качественно новую ступень развития и поменять отношение к ней во всем мире. Человекоподобный робот София была официально признана гражданкой страны – Саудовской Аравии. Это первый подобный случай за всю историю развития искусственного интеллекта. София умеет выражать свыше 60 эмоций и активно использует это во время общения с людьми. С помощью видеокамер-глаз она может устанавливать зрительный контакт с собеседником, запоминать людей. София анализирует проведенные разговоры и на основании новых данных улучшает ответы и поддерживать диалог. Уже выпущено 13 копий Софии.

Применение роботов в современном мире:

- Медицина: искусственные конечности, прогрессивные примеры роботов умеющие проводить высокотехнологичные операции.
 - Космос: Луноход, Марсоход и робот-аватар – наиболее известные из космоботов.
 - Системы безопасности: роботы первыми обнаруживающие пожароопасные ситуации; для военных учений имитирующие противника; роботы способные проводить длительное слежение за объектами.
 - Производство и быт: применение роботов позволяет значительно увеличить производительность труда.
 - Развлечения: в большинстве своём, такие роботы представляют мир детских игрушек.
- В заключение можно сказать, что разработки искусственного интеллекта и робототехники очень тесно связаны, и уже сейчас присутствуют в повседневной жизни людей. Но в любом случае не стоит забывать о трех основополагающих законах робототехники.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ ДЛЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН НА ЮЖНО-ТАРАСОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Объедков А.С.

aobiedkov@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Южно – Тарасовское месторождение – перспективное нефтегазовое месторождение Тюменской области России. По административному положению месторождение находится на территории Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. Ближайшими месторождениями являются: Комсомольское, Губкинское, Вынгахинское, Восточно-Таркосалинское. В орогидрографическом отношении месторождение располагается в междуречье по берегам Пякопур и его левого притока.

Самой крупной на месторождении является нефтегазоводяная залежь пласта ПК19-20. Месторождение относится к распределённому фонду недр. По размерам запасов относится к классу крупных. Лицензия зарегистрирована ОАО НК «Роснефть-Пурнефтегаз» в 1993 году. В настоящее время разрабатывается нефтяной компанией ООО «РН-Пурнефтегаз».

Управляемые системы роторного бурения - это системы, в которых долото движется по заданной траектории при непрерывном вращении бурильной колонны. Вращение забойной компоновки обеспечивает эффективную очистку скважины, снижает риск прихвата и, в конечном счёте, позволяет пробурить более протяженные и сложные профили наклонно-направленных скважин по сравнению с бурением забойным двигателем. Основная сложность заключается в передаче с поверхности достаточной мощности долоту, чтобы обеспечить необходимую скорость бурения.

Эти системы находят все большее применение, так как позволяют бурить более протяженные и сложные профили наклонно-направленных скважин, чем при бурении с винтовыми забойными двигателями (ВЗД).

В настоящее время, РУС очень много, но выделим основные: Dart, PowerDrive, Geo – Pilot, Revolution и другие. У каждой системы есть свои плюсы и минусы, а также из чего она состоит, как она используется в бурении и основные ее технические характеристики. В настоящее время, на Южно – Тарасовском месторождении, используется система Revolution, компании Watherford. Эта одна из моделей, которая обеспечивает лидирующую отрасль возможности для бурения при различных температурах, давлениях, а так же на участках с большой пространственной интенсивностью искривления ствола скважины в широком диапазоне типа размеров. Для диаметров ствола скважины от 6 до 17,5 дюймов.

В состав системы входит устройство для управления (DoulingCommander), обеспечивающее двухстороннюю связь между наземными системами и скважинным инструментом. Система Revolution обеспечивает полный трехмерный контроль за траектории ствола скважины, как система с двухсторонней обратной связью. Совместно с устройством управления Douling Commander, такая система может использоваться при любых видах наклонно – направленного бурения, включая контроль траектории бурения на вертикальных и горизонтальных участках, зарезку с вертикальных стволов, а так же бурения скважин со сложными траекториями кустовым методом.

Вращающийся КРНБ Geo-Pilot® Duro™ (RSS) разработан для повышения долговечности и производительности в жестких условиях окружающей среды, где эффективность бурения оптимальное, время срабатывания, а также контроль бурового раствора потери являются существенными. Маркировка значительное продвижение в RSS производительности, система является надежным решением для сложных условий бурения.

Другие вращающиеся перенацеливаемые системы имеют ограничения, которые препятствуют или усложняют эффективный доступ к бачку, особенно в глубоких водах и забоя скважин.

Эти ограничения включают в себя инструмент долговечности, извилистых стволов скважин, способность к высокой концентрации потери циркуляции материала (LCM), рулевое управление, точность и проточного по областям. Geo-PilotDuro RSS основан на платформе HalliburtonGeo-Pilot, чтобы преодолеть эти ограничения.

Система PowerDrive — это роторная управляемая система (РУС), позволяющая оптимизировать показатели наклонно-направленного бурения. Постоянное вращение КНБК позволяет сокращать риски появления затяжек и образования прихвата, увеличивать механическую скорость проходки и повышать качество очистки ствола скважины. Давайте рассмотрим одну из моделей – PowerDrive Archer.

Роторная управляемая система (РУС) PowerDrive Archer позволяет бурить скважины, которые ранее можно было пробурить только применяя Винтовой забойный двигатель, при этом, обеспечивая оптимальную механическую скорость проходки и хорошее качество ствола скважины. РУС PowerDrive Archer позволяет срезаться с вертикали на большей глубине, достигать целевые интервалы раньше, получать качественный ствол скважины для облегчения спуска обсадной колонны.

Управляемость имеет решающее значение при бурении скважин с высокими интенсивностями. Помимо моделирования и тщательной проверки поведения КНБК в Центре технологий «Шлюмберже» и на месторождениях при создании РУС PowerDrive Archer применялись современные технологии проектирования долот с высокими эксплуатационными характеристиками и управляемостью, а также, был обеспечен строгий контроль над процессом разработки КНБК и долота.

Система PowerDrive Archer исключает потери времени на подготовительные работы и СПО, так как она может срезаться с вертикали, бурить сложные траектории и горизонтальные участки и выполнять забуривание в открытом стволе — все это за один рейс без необходимости подъема КНБК из скважины. Высокая маневренность позволяет данной РУС срезаться с вертикали на большей глубине и быстро достигать пласта. Улучшенное управление траекторией позволяет оптимально расположить ствол при любой глубине залегания пласта, пробурить скважину в наиболее продуктивном интервале а так же позволяет бурить более длинные горизонтальные участки до проектной глубины.

На данный момент, эта единственная система, позволяющая добывать высокие интенсивности при любом зенитном угле. При длительном сохранении вертикальности скважины максимально увеличивается механическая скорость проходки, которая, в свою очередь, обеспечивает оптимальную производительность при бурении секций до 311,2 мм и более глубокое расположение точки набора угла. Вместе с быстрым достижением пласта и возможностью бурения более длинных горизонтальных участков удается увеличить дренирование пласта и дебит скважины.

Семейство РУС PowerDrive — это широкая линейка технологических решений для ННБ, работающих в режимах роторного бурения с полностью вращающимся буровым инструментом, что позволяет снижать вес на долото, увеличивать механическую скорость бурения, снижать вероятность неравномерного вращения и улучшать очистку ствола скважины при различных режимах бурения. РУС с полностью вращающимися компонентами увеличивает механическую скорость породоразрушения за счет исключения остановок для ориентирования бурильного инструмента, которые могут приводить к осложнениям в стволе скважины.

Литература:

1. Е.И.Юрьевич. Теория Автоматического Управления/Учебная литература для вузов
2. Ю. Н. Федоров. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА НА УГЛЕВОДОРОДНОЕ СЫРЬЕ В УСЛОВИЯХ УРЕНГОЙСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Перекрестов В.Е. (Научный руководитель Жернаков А.П.)
perekrestov_viktor@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Гидравлический разрыв пласта ГРП - один из способов интенсификации работы нефтяных и газовых скважин и увеличения приёмистости нагнетательных скважин, представляет собой нагнетание жидкости в пласт при достаточно высоком давлении для того, чтобы вызвать раскрытие естественных и образование новых трещин в породе [1].

Данная работа опирается на современные разработки компании «Schlumberger» и опытные работы ООО «Газпром добыча Уренгой» по проведению ГРП в низкопроницаемых коллекторах, именно в таких пластах расположены продуктивные горизонты ачимовских отложений Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения. Их проницаемость по сравнению с вышележащими газоконденсатными валанжинскими залежами меньше в 10 раз, а по сравнению с сеноманскими высокопроницаемыми песчаниками ниже на два порядка.

Актуальность данной темы объясняется высоким добычным потенциалом ачимовской толщи, который оценивается в более чем 100 млрд. м³ газа в год и 15-20 млн. т. жидких углеводородов.

В данной работе описываются экспериментальные работы по разработке новых материалов для совершенствования технологии ГРП и применение ее на реальном месторождении.

Задачей исследований является снижение стоимости ремонтного обслуживания скважин при проведении ГРП и состоит в разработке нового вида проппанта. Проппанты представляют собой твердые частицы, которые удерживают трещины открытыми, не позволяя им сомкнуться, и сохраняют образовавшиеся каналы, чтобы скважина могла дренировать пласт. Столбики проппанта, сформированные при ГРП, должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать давление смыкания трещины, а также силы эрозии, создаваемые потоками жидкостей во время отчистки скважины и добычи из нее.

Для изучения воздействия напряжения смыкания трещины были вручную сформированы столбики проппанта, которые далее помещали в гидравлический пресс, снабженный датчиком для отслеживания расстояния между плитами пресса. В этом приборе столбики проппанта были подвергнуты сжимающим нагрузкам, достигавшим 228 Мпа. При этом измеряли высоту и диаметр столбиков, а также распределение частиц проппанта по размерам.

Диаметр столбика проппанта увеличивается с ростом давления смыкания трещины. Однако результаты исследований смыкания трещин показали, что с каждым последующим приращением диаметра проппанта, увеличение относительного размера в плане становится менее выраженным.

Поток жидкости во время промывки скважины, добычи и другие потенциально дестабилизирующие факторы также требовали исследования. Для оценки подобных рисков была собрана ячейка для испытания эрозийного воздействия, которую можно было поместить между плитами гидравлического пресса.

Результаты исследований показали, что практически вся эрозия проппанта происходила в течение нескольких первых минут воздействия потока жидкости на проппант. Более того, степень эрозии проппанта снижалась по мере повышения напряжения смыкания трещины, особенно когда оно поднималось выше 69 Мпа. При внешнем осмотре было установлено, что все эрозийное разрушение произошло по бокам столбиков проппанта, а не на поверхности, непосредственно обращенной к потоку жидкости [2].

Экспериментально выявлено, что проппант имеет характеристики, которые удовлетворяют нормам и стандартам API (американского нефтяного института). Разработанная конфигурация обеспечивает устойчивость столбиков проппанта, размещенных в трещине гидроразрыва, которые выдержат жесткие условия при последующей эксплуатации скважины.

Впервые на УНГКМ было проведено ГРП с применением разработанного цилиндрического проппанта и в дальнейшем показало свою эффективность.

Преимуществами применения нового проппанта в сравнении с традиционными видами при проведении ГРП являются:

1. Меньший тоннаж проппанта;
2. Повышенная (на несколько порядков) проводимость трещины;
3. Большая полудлина трещины.

Для оценки эффективности применения цилиндрического проппанта в сравнении с традиционным были сопоставлены результаты исследований и параметры работы расположенных на одном кусту двух скважин, в одной из которых ГРП выполнен с применением проппанта нового типа.

Результаты анализа показали, что скважины перед запуском в работу демонстрировали схожие параметры, однако в ходе эксплуатации на скважине с применением цилиндрического проппанта темпы падения устьевых параметров были значительно ниже и спустя год эксплуатации, дебит был выше в среднем на 60% по сравнению со скважиной, ГРП на которой был выполнен с применением стандартного проппанта [3].

Литература

1. Экономидес М., Олини Р., Васько П. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта: от теории к практике. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. – 236 с.
2. Официальный сайт компании «Schlumberger» : Статья: «Гидроразрыв пласта с созданием открытых каналов: быстрый путь к добыче». Нефтегазовое образование, осень 2011 г., том 23, № 3.
3. Статья: «Интенсификация притока продукции в скважинах, эксплуатирующих низкопроницаемые коллекторы ачимовских отложений». Новый Уренгой: Инженерно - технический центр, 2017 г.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРА «ЮБИЛЕЙНЫЙ»

Рахматуллин И.З., Нафиков А.Г.

e-mail: ilrahman@yandex.ru

МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Основой механизации и автоматизации производственных процессов на современных горных предприятиях является широкое применение электрической энергии, что влечет за собой быстрый рост электрических нагрузок со значительным увеличением удельного потребления и общего расхода электроэнергии.

Проведенные на руднике «Юбилейный» исследования позволили выявить и сформулировать основные направления снижения электропотребления, наметить ряд технических мероприятий и провести их экономическую оценку.

Можно выделить следующие направления экономии электроэнергии:

- в системе электроснабжения карьера;
- при эксплуатации горно-проходческого и горно-механического оборудования;
- при проведении основных и подготовительных технологических операций.

На предприятиях горной промышленности экономия электроэнергии может быть получена путем выполнения следующих основных мероприятий:

- выбора наиболее экономичных схем электроснабжения предприятия,
- выбора и соблюдения режимов работы основного технологического, энергетического и электротехнического оборудования с подтверждением соответствующими технико-экономическими расчетами;
- внедрения рационализаторских предложений, направленных на снижение непроизводительных затрат электроэнергии;
- поддержания реактивной мощности электроустановок предприятия на заданном уровне.

Выбор наиболее экономичных схем электроснабжения включает следующие мероприятия:

- проектирование или замену схем внешнего электроснабжения предприятий с применением глубокого ввода источника питания (подстанции) при первичном напряжении 110 кВ и максимальном приближении его к электроустановкам потребителей. При этом количество сетевых звеньев и ступеней промежуточной трансформации должно быть минимальным, т. е. следует широко использовать ответвления от проходящих вблизи от предприятий ЛЭП – 110 кВ, а не прокладывать новые линии от электростанций и подстанций, если это не связано с резервированием нагрузки;
- перевод электроустановок напряжением 6 кВ на питание напряжением 10 кВ и применение этого уровня напряжения для питания высокопроизводительных забоев, оборудованных мощными машинами;
- широкое применение передвижных трансформаторных подстанций с максимальным приближением их к приемникам электроэнергии, что позволяет сократить протяженность электрических сетей низшего напряжения, уменьшить сечение кабелей, сократить расход цветных металлов, и в итоге уменьшить потери электроэнергии.

Экономия электроэнергии при переводе ЛЭП с низшего напряжения 6,3 кВ на высшее 10 кВ с сохранением прежнего сечения проводов и жил кабелей может быть определена по

$$\text{формуле: } \delta W = 0,003 \cdot \rho \cdot L \cdot T_p \cdot \left(\frac{I_1^2}{S} - \frac{I_2^2}{S} \right) ; \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

где ρ – удельное сопротивление материала проводов при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; для алюминия $\rho = 0,026 - 0,029 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Для условий рассматриваемого предприятия входящие в формулу параметры имеют следующие значения: L – длина линии, на которой производится повышение номинального напряжения, м; $L = 15500 \text{ м}$; S – сечение проводов ЛЭП, мм²; $S = 70 \text{ мм}^2$; T_p – время, за расчетный период работы линии, ч; $T_p = 6300 \text{ ч}$; I_1 – значения тока

сети при низшем напряжении, А; $I_1=384,9$ А; I_2 – значения тока сети при высшем напряжении, А; $I_2=230,9$ А.

В результате исследования экономия электроэнергии составила 8 166 602 кВт·ч/год.

Годовой эффект от снижения потерь электрической энергии при переводе системы электроснабжения карьера «Юбилейный» на напряжение 10 кВ, составит около 19729710 руб/год.

Компенсация реактивной мощности непосредственно у потребителей электроэнергии позволяет существенно улучшить технико-экономические показатели как системы электроснабжения карьера «Юбилейный». Выбор степени компенсации реактивных нагрузок компенсирующих устройств должен выполняться с учетом затрат на:

- потери электроэнергии в электрических сетях энергосистемы и потребителей электроэнергии;

- потери активной мощности в сетях энергосистемы и потребителей в максимум нагрузки энергосистемы;

- установку компенсирующих устройств.

В электрических сетях карьера «Юбилейный» в качестве основных средств компенсации реактивной мощности (КРМ) используем батареи статических конденсаторов.

Была рассчитана экономия за счет снижения потерь электроэнергии по горным машинам, при переводе питания сети электроснабжения с $U = 6,3$ кВ на $U = 10$ кВ, а так же экономия электроэнергии на основных и вспомогательных технологических операциях. Все результаты внесены в таблицу 1.

Таблица 1

Показатели	Расход электроэнергии до реконструкции		Расход электроэнергии после реконструкции		Экономия	
	кВт·ч /год	тыс. руб.	кВт·ч /год	тыс. руб.	кВт·ч /год	тыс. руб.
Экономия электроэнергии на основных технологических операциях						
экономия электроэнергии при использовании автоматического управления процессом бурения, системы «Режим СВ» на буровых станках СБШ-250	1837746	4429	1664046	4010	173700	418,6
экономия электроэнергии при использовании полуавтомата копания на экскаваторах ЭКГ-5А	2471700	5956,8	2047980	4935,6	423720	1021,1
экономия электроэнергии при реконструкции водоотливного трубопровода	2309035	5564,8	2270895	5472,8	38140	91,9
Итого:	6618481	15950,6	5982921	14418,4	635560	1531,6

Реконструкция системы электроснабжения карьера «Юбилейный» позволит получить экономический эффект в размере 19729710 руб/год.

Список литературы

1. Диагностика оборудования кабельных линий электропередач: учебное пособие, Привалов Е. Е., Директ-Медиа, 2015 г.
2. Электрификация горного производства: в 2х томах, Пучков Л.А., Пивняк Г.Г., Горная книга, 2007г.
3. Техническая термодинамика и теплопередача: Сапожников С.З. Китанин Э.Л. Учебник для вузов. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. - 319 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРОВ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сынбулатов Б.Р. (Научный руководитель – А.Ю.Башкуров)

bsynbulatov@mail.ru, МГРИ-ПГПУ, Москва, Россия

В угольной и горнорудной промышленности важнейшей проблемой, при шахтной добыче, является организация эффективной вентиляции шахтных стволов. Эта проблема имеет как технический, так и экономический аспекты.

На протяжении многих десятилетий и по настоящее время, основным техническим решением подогрева подаваемого в шахту воздуха, является применение водяных калориферов типа КСК/ КВС/КВБ либо ВНВ. Несмотря на простоту конструкции, применение водяных калориферов создает ряд крупных проблем, связанных со сложным монтажом, водоподготовкой, непрерывным техническим сопровождением, опасностью размораживания калориферов, даже при кратковременных авариях, связанных с подачей перегретой воды и как следствие этого, вынужденная необходимость поддерживать температуру, подаваемого в ствол воздуха, заведомо выше оптимальной. В большинстве климатических зон России, где расположены основные горнорудные и угольные шахты температура в зимний период на длительное время опускается ниже -40°C , что зачастую приводит к размораживанию водяных калориферов и как следствие к временной остановке производства и большим затратам по замене калориферов. Электрические калориферы могут успешно эксплуатироваться при температурах наружного воздуха до -50°C , и не терять работоспособности в случае временного (аварийного) отключения напряжения в питающей сети.

Кроме того, применяемые водяные калориферы имеют крайне низкий КПД, т.к. производятся на морально и технически устаревшем оборудовании. На практике не редки случаи, когда новые калориферы серии КСК имели фактическую производительность по теплу 40% от расчетной.

Указанные технические проблемы приводят к проблемам экономическим:

1. крупные ежегодные затраты на ремонт и замену теплограсс и теплообменное оборудование;
2. расходы на круглогодичное содержание бригады специалистов по обслуживанию и ремонту теплообменного оборудования;
3. необходимость поддержания "аварийного" запаса калориферов на случай их размораживания;
4. расходы по оплате тепловой энергии потраченной "на ветер", по причине потерь в грассах и низкого КПД теплообменников;
5. сжигание товарного угля для подогрева воздуха также снижает рентабельность производства.

В настоящее время, для подогрева воздуха в горнорудной и угольной промышленности, все шире применяются электрические калориферы большой мощности (1000 - 10000 кВт.).

Привлекательность применения электрокалориферов в системах вентиляции шахт объясняется реальной возможностью не только решить техническую проблему подогрева воздуха, но и существенно снизить производственные затраты на вентиляцию за счет: возможности точного расчета и учета энергопотребления вентсистемы, т.к. потребляется ровно столько электроэнергии, сколько требуется для поддержания температуры подаваемого в шахту воздуха с температурой $+2^{\circ}\text{C}$ независимо от изменения производительности вентилятора и температуры наружного воздуха (КПД электрокалориферов близок к единице). На угольных шахтах Кузбасса, применяющих электрокалориферы, расход электроэнергии на подогрев воздуха составляет 0.2 - 0.3% от общего энергопотребления шахты.

1. Минимизации эксплуатационных расходов (не требуется специальный обслуживающий персонал - контроль осуществляется дежурным оператором (диспетчером) шахты, и периодическим осмотром штатного электрика);

2. Простоты конструкции оборудования, предполагающую относительно не сложные строительно - монтажные работы.

3. Высокой устойчивости к аварийным ситуациям:

- при временной аварии на питающих сетях,
- моментальное восстановление работоспособности вентсистемы при подаче напряжения,

- с учетом конструктивного запаса мощности нагревателей в 20-25% от номинального, выход из строя части нагревательных элементов не приводит к снижению производительности вентсистемы,

- конструктивно, калорифер состоит из 10 - 20, практически независимых нагревательных секций, что значительно повышает "живучесть" вентсистемы,

- в случае аварии управляющего микропроцессорного блока, дежурный оператор переводит калорифер в режим "ручного" управления, включая требуемое количество нагревательных секций, следуя показаниям контрольного термометра.

Электрический калорифер представляет собой каркас прямоугольного сечения, внутри которого расположены трубчатые оребренные электронагреватели. ТЭНы расположены в два или три ряда, каждый из которых представляет автономную электрическую секцию. Выводы ТЭНов размещаются в коробках, которые закрываются крышками.

Электронагреватели ТЭНов соединены в звезду для того, чтобы при подключении электрокалорифера к сети 380 В на каждом ТЭНе было 220 В. В корпусе установлены два независимых биметаллических нормальнозамкнутых термовыключателя с самовозвратом. Один с температурой срабатывания 70-100° С как защита против перегрева воздушного потока, а второй с температурой срабатывания 100-130° С для защиты от пожара при перегреве корпуса.

Модель электронагревателя	СФО-16	СФО-25	СФО-40	СФО-60	СФО-100	СФО-160	СФО-250
Установленная мощность, кВт	15	22,5	45	67,5	90	157,5	247,5
Номинальная мощность одного нагревателя, кВт	2,5						
Напряжение питающей сети, В	380±28,5						
Напряжение на нагревателе, В	220						
Частота, Гц	50						
Число фаз	3						
Схема соединений нагревателей в секции	звезда						
Количество ТЭНов	6	9	18	27	36	63	99
Масса нагревательного блока, кг	16	18	30	36	49	76	120

Список литературы

1. Отопление и вентиляция, В. Я. Богословский, В. И. Новожилов, Б. Д. Симаков, В. П. Титов, МОСКВА, СТРОИИЗДАТ, 1976

2. Вентиляция шахт и рудников: учеб. пособие / В.И. Голяничко, Я.Я. Лебедев, О.А. Муха. – Д.: Национальный горный университет, 2012. – 266 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДЗЕМНОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Федорова В.А. (научный руководитель Григорьев М.И.)

vera.fyodorova@gmail.com, МГРИ–РГГРУ, г. Москва, Россия

Ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора, работающего в составе выпрямителя, содержит гармоники и постоянную составляющую, т.е. представляет собой сложное периодическое колебание, которое можно представить в виде суммы постоянных и гармонических составляющих с различными амплитудами, частотами и начальными фазами. Спектральный состав выпрямленного тока в этом случае будет представлять собой:

$$i_n(t) = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} I_m + \frac{3\sqrt{3}}{2 \cdot 4\pi} I_m \cos 3\omega t - \frac{3\sqrt{3}}{5 \cdot 7\pi} I_m \cos 6\omega t + \dots$$

По сравнению с однофазным однополупериодным выпрямителем в спектре трехфазного однополупериодного выпрямителя произошли следующие изменения:

1. заметно выросла постоянная составляющая;
2. исчезла первая гармоника ($f = 50$ Гц), которую было наиболее трудно отфильтровать;
3. исчезла вторая гармоника ($f = 100$ Гц);
4. наиболее вредная третья гармоника ($f = 150$ Гц) заметно уменьшилась по величине и отфильтровать ее стало легче.

Коэффициент пульсаций при этом стал равен: $q = 0,25$.

Электроприводы многих горных машин содержат двигатели постоянного тока, аккумуляторы для которых заряжаются от трехфазных выпрямителей. Силовые трансформаторы выпрямителей состоят из трехфазных первичных и вторичных обмоток, соединяемых в звезду или в треугольник. Недостатком таких схем является нерациональное использование трансформатора, поскольку выпрямленный ток содержит постоянные составляющие, протекающие по их вторичным обмоткам, ухудшающие магнитные характеристики трансформаторов, вследствие чего, в них существенно увеличиваются потери энергии.

Для уменьшения этих потерь предлагается провести мероприятия по усовершенствованию трансформатора, в виде соединения его вторичной обмотки в «зигзаг – звезду». Такое включение позволит избавиться от постоянной составляющей тока во вторичной обмотке.

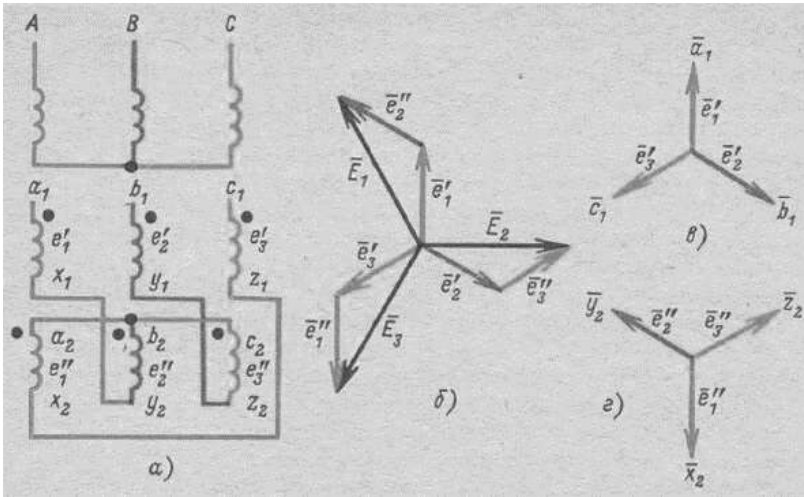
Суть предложения сводится к тому, что вторичная обмотка каждой фазы разделена на две половины, расположенные на разных стержнях. Конец x_1 первой половины обмотки соединен с концом y_2 второй половины обмотки, и так далее. Соединенные начала обмоток, расположенных на втором стержне a_2, b_2, c_2 образуют нейтраль. К началам a_1, b_1, c_1 подключают линейные провода вторичной сети. При этом ЭДС обмоток оказываются сдвинутыми на 120° (как показано на рис. а, б, в, г).

Векторная диаграмма (рис. б) построена следующим образом. Предположим, что соединены концы обмоток x_1, y_1, c_1 (рис. в), и соединены начала обмоток a_2, b_2, c_2 (рис. г). Для нахождения векторов суммарных ЭДС (E_1, E_2 и E_3) произведено геометрическое сложение соответствующих векторов, которые изображены на рисунках (рис. в и г),

При такой схеме соединения ток каждой фазы вторичной обмотки обтекает одновременно две половины обмотки. При этом постоянные составляющие ЭДС первичной и вторичной обмоток по разным стержням трансформатора полностью компенсируются, и магнитный поток вынужденного намагничивания в них не возникает, т.е. **устраняется вредное влияние постоянных составляющих тока на магнитопровод.**

Помимо устранения вредного влияния постоянной составляющей, **схема также обеспечивает подавление высших гармоник**, возникающих в результате работы выпрямителей. Достоинством этого соединения также является **одновременное получение трех эксплуатационных напряжений 380, 220 и 127 В** [1, с. 62].

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что использованием соединения «зигзаг - звезда» можно снизить потери энергии в трансформаторах выпрямителей. По некоторым оценкам эта экономия может достигать (15 – 20)%.



Объективности ради следует отметить и недостатки предложенного способа:

1. соединение в «зигзаг – звезда» несколько дороже, чем в «звезду» или «треугольник», поскольку при одинаковом расходе обмоточного провода ЭДС каждой фазы теперь становится несколько меньше, чем в общеизвестных схемах;
2. использование вторичных обмоток по мощности при этом ухудшается, так как масса меди двух связанных между собой обмоток увеличивается вдвое, а результирующее напряжение каждой фазы увеличивается только в 1,5 раза по сравнению с результирующим напряжением при двух обмотках, расположенных на одном стержне.

Подводя общий итог, резюмируем, что достоинства предложенного способа значительно преобладают над его недостатками, поскольку он позволяет существенно сократить потери энергии.

Литература

1. Каминский Е.А., «Звезда, треугольник, зигзаг» - 4 –е издание, переработанное - Москва: Энергия, 1977 – 104с.

S-X

**СЕКЦИЯ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНОГО ДЕЛА, ГИДРАВЛИКИ
И ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КРУПНОСТИ

Брюховецкий¹ О.С., Исаев² В.И., Байрамгулова¹ Л.А.

bos.rggru@mail.ru, ¹МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия
bos.rggru@mail.ru, ²РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Россия

Для расчета течений гидросмесей важную роль играет гидравлическая крупность (скорость свободного падения). В спокойной вязкой жидкости частица любого размера, если исключить капиллярные силы, либо погружается, либо всплывает. Твердые частицы в силу их большей плотности по сравнению с транспортирующей жидкостью при нулевой скорости потока и до некоторой погружаются (падают) и уравнение равномерного падения для сферической частицы имеет вид:

$$C_d \cdot \frac{\rho u_*^2}{2} \cdot \frac{\pi d^2}{4} = g(\rho_s - \rho) \frac{\pi d^3}{6}, \quad (1)$$

где: C_d - коэффициент гидродинамического сопротивления; u_*^2 - гидравлическая крупность (скорость свободного падения); ρ_s - плотность твердого вещества, ρ - плотность несущей фазы.

Это равенство означает равенство сил сопротивления падению суммарным поверхностным силам несущей фазы.

Из (1) следует формула Реттингера для определения гидравлической крупности:

$$u_* = \sqrt{\frac{4}{3C_d} \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)gd}. \quad (2)$$

В формуле (2) коэффициент C_d является функцией числа Рейнольдса и формы частиц. Форма зависимостей для C_d разная для разных режимов движения.

Для ламинарного обтекания сферы ($Re < 1$) $C_d = \frac{24}{Re}$ и формула (2) принимает вид:

$$u_* = \frac{1}{18} d^2 \frac{(\rho_s - \rho)g}{\mu}. \quad (3)$$

В области $1 < Re < 10^3$ можно использовать формулу: $C_d = \frac{24}{Re} (1 + 0.17Re^{0.655})$.

Для области $10^3 < Re < 2 \cdot 10^5$ значение $C_d \cong 0.44$ и формула (3) примет вид:

$$u_* = 5.72 \sqrt{d \frac{(\rho_s - \rho)}{\rho}}. \quad (4)$$

При использовании несущей жидкости другой реологии, обладающей динамическим напряжением сдвига τ_0 (например, глинистые растворы) вместо формулы (2) следует использовать формулу:

$$u_* = \sqrt{\frac{4}{3C_d} \frac{d(\rho_s - \rho)g - 6\tau_0}{\rho}}. \quad (5)$$

В формуле (5) следует принять коэффициент C_d равным: $C_d = \frac{24}{Re} \left(1 + \frac{1}{3} \left(\frac{He}{Re}\right)\right)$, где

число Хендстрема равно: $He = \frac{\rho \tau_0 d^2}{\eta^2}$, η - коэффициент пластической вязкости.

В литературе [1, 2] для расчетов параметров гидротранспортирования водой песчано-глинистых грунтов, крупно-, средне-, и мелкозернистых песков, супесей, суглинков и глин

рекомендуется использовать средний коэффициент C_d лобового сопротивления гранулометрического состава породы. Он определяется по формуле:

$$(\sqrt{C_d})^{-1.5} = \frac{\sum_{i=1}^n (\sqrt{C_i})^{-1.5} \cdot p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (6)$$

где: $(\sqrt{C_i})^{-1.5}$ - коэффициенты ($i=1 \dots n$) лобового сопротивления частиц данной фракции; p_i - содержание фракций, принимаемое по графику гранулометрического состава породы, %. Эти коэффициенты, в зависимости от размера фракций, сведены в таблицы. При подстановке в формулу (2) и (5) найденного значения C_d можно получить соответствующую гидравлическую крупность.

При расчетах гидравлического транспортирования песчаных, гравийных и галечных грунтов, а так же продуктов дробления плотностью 2.6-2.78 т/м³ при средней крупности 0.25-70 мм при отношении средней крупности к диаметру трубы не менее 0.15 и объемной консистенции не превышающей 0.3 применяется методика ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. В этой методике вместо коэффициента C_d используется коэффициент транспортабельности грунта, который также дается таблично по опытным данным.

При расчетах гидротранспорта при транспортировании крупнозернистых (0.15-1.5мм), мелкозернистых (0.07-0.15 мм), пылеватных частиц и отходов обогатительных фабрик (0.07 мм) применяется метод В.С. Кнороза. При этом подходе значение гидравлической крупности не используется, а сразу применяются эмпирические формулы для расчета критических скоростей.

Отметим еще раз, что важная характеристика – гидравлическая крупность используется для определения критической скорости потока, при снижении которой из потока начинает осаждаться твердый материал. Выражения для критической скорости (обычно экспериментальные формулы) подбирают так, чтобы она соответствовала минимуму гидравлических потерь, т.е. была ближе ко второй критической скорости.. Наибольшее распространение получили формулы для критических скоростей, которые различаются в зависимости от определенного класса гидросмеси: коллоидной, структурной, тонкодисперсной, грубодисперсной, неоднородной, полидисперсной [3].

Литература:

1. Ялтанец И.М. Проектирование гидромеханизации открытых горных работ. М.: Издательство МГГУ, 1994.
2. Брюховецкий О.С. Гидравлическая модель потока гидросмеси для условий напорного транспортирования минерального сырья. М.: Геоинформмарк, 1990, 88 с.
3. Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт. М.: Недра, 1980.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАФЕДРЫ «ГОРНОЕ ДЕЛО»
ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
НАНОРАЗМЕРНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ И МЕЛКИХ
МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛОВ-НОСИТЕЛЕЙ ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
¹Брюховецкий О.С., ²Секисов А.Г.

¹bos.rggru@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия
²sekisovag@mail.ru, Институт горного дела СО РАН, г. Чита, Россия

Особое место при извлечении полезных компонентов из отвалов и хвостов ГОКов могут занять т.н. **наногеотехнологии**, которые начинают осваиваться на кафедре «Горное дело».

Под **наногеотехнологиями** нами понимается комплекс геотехнологических процессов, обеспечивающих направленную трансформацию наноразмерных включений благородных металлов в минеральном веществе, их перевод в жидкую фазу и на сорбенты с использованием ион-радикальных кластеров, сформированных электрохимическим, фотохимическим или плазмохимическим методами воздействия на растворы.

Наноразмерные внутриминеральные включения благородных и редких металлов широко распространены в природе и могут концентрироваться в рудных минерал-носителях в промышленных масштабах. Значительное количество благородных и редких металлов таких форм нахождения сосредоточено в техногенных образованиях-отвалах и хвостохранилищах. Проблема извлечения наноразмерных включений состоит не только в изменении структуры минералов-носителей в направлении повышения их пористости, микротрещиноватости, характера и энергетики химических связей между основными минералообразующими и примесными элементами, но и в переводе в раствор и расплав самих наноразмерных включений, поскольку они во многих случаях представляют собой полиэлементные кластерные образования с повышенной энергией связи.

Для извлечения в раствор или расплав атомов или ионов металлов из таких природных кластеров требуется сформировать соответствующие кластеризованные реакционные комплексы, основу которых составляют кислородосодержащие радикалы (активные формы кислорода) и ионы-комплексобразователи.

К настоящему времени осуществлены реальные практические шаги по реализации этих исследований в производственных условиях.

Использование активных форм кислорода в технологических процессах с применением газовых (разрядных и ламповых) озонаторов успешно испытано в США, Японии и РФ (МИСиС). При этом формирование окислительной среды осуществляется барботажем пульпы или растворов озонированным воздухом.

В РГГРУ, ИГД СО РАН и ЧитГУ предложен, успешно испытан на реальных упорных рудах и техногенном минеральном сырье принципиально иной метод формирования окислительной среды с ион-радикальными кластерами непосредственно в растворе или пульпе – фотоэлектрохимический, при использовании которого эти соединения образуются с высоким выходом и кроме того осуществляется непосредственная активация поверхностей самих минеральных частиц.

Приготовление растворов для обработки сорбентов этим методом существенно повышает их технологические характеристики. Разрабатываются варианты использования процессов фотоэлектролиза не только чанового, но и кучного, кюветного и подземного выщелачивания дисперсных форм благородных металлов экологически чистыми реагентными комплексами.

Нами, в сотрудничестве с ООО «Геохим», произведена экспериментальная проверка эффективности технологической схемы комбинированного (фотоэлектрохимического и

бактериального) окисления сульфидных руд и руд сульфосолей и концентратов. Первые эксперименты на пирит-арсенопиритовых золотосодержащих концентратах, показали возможность существенного прироста извлечения дисперсного золота при последующем сорбционном цианировании, а укрупненные лабораторные и опытно-промышленные исследования преокисления рудных золотосодержащих пульп активными нон-радикальными кластерами, реакционной основой которых являются гидратированные атомы и соединения активного кислорода, включая озон, гидроксил-радикал и перекись водорода, с последующим двухстадийным сорбционным выщелачиванием золота, показали эффективность извлечения ценных полезных компонентов из упорных руд и техногенного минерального сырья (прирост извлечения золота на сорбент достиг 20%).

Еще одним из перспективных направлений инновационных исследований кафедры «Горное дело» являются работы в области повышения эффективности процесса электросорбции растворенного золота и сопутствующих ему элементов из сбросных и лежалых хвостов обогащения.

Для проведения полупромышленных экспериментов нами совместно с АО «Интегра» была разработана конструкция **электросорбера**, обеспечивающая возможность исследования процессов доизвлечения золота из глинистой фракции пульпы (см. рис.).

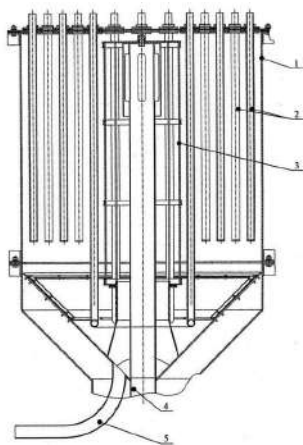


Схема электросорбера
(фронтальный разрез)

- 1 – корпус, 2 – электроды,
- 3 – ограждающий каркас,
- 4 – подводящая труба,
- 5 – выпускная труба

Использование электросорбера показало, что в условиях конкретного предприятия НГМК эта технология может обеспечить существенный прирост производства золота и серебра при переработке окисленного сульфидного концентрата и хвостов флотации.

При этом извлекаемые на смолу из сбросной пульпы элементы-примеси не попадают в хвостохранилище, что существенно снижает загрязнение окружающей среды.

Электросорбционная система извлечения золота может быть использована не только для извлечения золота из хвостов, но и в основном процессе, преимущественно в головном и хвостовом пачуках сорбции.

В совокупности направления научных исследований кафедры, включающие математическое и физико-химическое моделирование технологических процессов, инновационные технологии извлечения полезных компонентов, позволяют не только обеспечить непосредственное повышение эффективности производства, но и возможность подготовки высококвалифицированных творческих специалистов (техников, бакалавров, инженеров, магистров)

Литература:

1. Sekissov et al Method for recovery of precious metals US Patent 5492 098
2. Брюховецкий О.С., Секисов А.Г., Старков М.В., Есько Л.А. Экологоэкономическая модель мониторинга металлов при разработке рудных месторождений. // Геология и разведка. Известия вузов – 2002 г. №5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОД ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В КАЧЕСТВЕ ИНЕРТНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКИ НА ГАЙСКОМ ГОКЕ

¹Брюховецкий О.С., ¹Байрамгулова Л.А.

¹bos.rggu@mail.ru, МГРИ-РГГУ, Москва, Россия

Перспективной технологией закладочных работ на подземном руднике Гайского ГОКа, является твердеющая закладка с раздельной подачей компонентов закладочной смеси и их смешиванием в передвижных закладочных установках (ПЗУ) перед укладкой в выработанное пространство.

Технологическая схема предусматривает использование в качестве инертного заполнителя породы из горнопроходческих выработок без выдачи ее на поверхность.

Схема включает подземный дробильно-пульпо-подготовительный комплекс, оборудованный транспортным насосом и (или) питателем, напорный пульповод, подземную передвижную закладочную установку (см. рис).

Компоненты твердеющей закладочной смеси подаются раздельно. Твердеющий раствор (цемент, граншлак, вода) готовится на поверхности и подается по закладочной скважине по раствороподающему трубопроводу и затем на ПЗУ. Пустая порода после подземного дробления, пульпоприготовления гидротранспортом транспортируется к ПЗУ, где смешивается с твердеющим раствором.

Далее смесь по трубопроводу подается в камеры (выработанное пространство) сжатым воздухом.

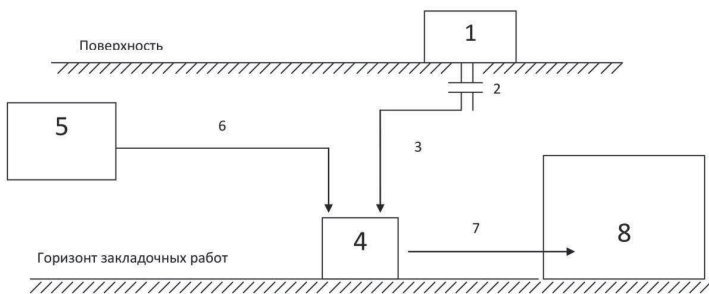
Структура подземного закладочного комплекса обладает гибкостью и способностью к трансформации. Закладочный комплекс позволяет отказаться от подъема пустой породы на поверхность, отпадает необходимость строительства ряда поверхностных сооружений, бурения и оснастки закладочных скважин большой протяженности.

Существенным элементом описанной схемы является узел подземного дробления горных пород, доставляемых из проходческих забоев горных выработок, обеспечивающий необходимый размер куска породы, используемой в качестве инертного заполнителя твердеющей смеси.

Оптимальный размер куска породы устанавливается с учетом эффективности работы системы «дробление – измельчение – гидротранспорт». Другими словами, оптимальная крупность дробления (измельчения) инертного заполнителя предполагает минимум суммарных затрат на перечисленные процессы при обязательном достижении нормативной прочности закладки в массиве, установленной технологической инструкцией [1].

Опыт работы дробильно-измельчительных цехов обогатительных фабрик ряда комбинатов (Норильский ГМК, Алмалыкский ГМК, Лебединский ГОК и др.) показывает, что причиной низкой износостойкости одного и того же оборудования в первой стадии измельчения (а значит и повышенных затрат) является недостаточное использование возможностей дробильного оборудования [2]. Общеизвестно, что дробление в 3 раза экономичнее измельчения. Поэтому стадию измельчения под землей целесообразно исключить, доведя крупность продукта дробления до -25 мм.

Это позволяет значительно упростить схему рудоподготовки под землей, снизить затраты на горно-капитальные работы, уменьшить количество шламовых фракций, загрязняющих горные выработки.



Принципиальная схема приготовления твердеющей закладочной смеси с использованием пород горно-проходческих выработок

1. Поверхностный закладочный комплекс
2. Закладочная скважина. 3. Раствороподающий трубопровод
4. Подземная передвижная закладочная установка.
5. Подземный дробильно-пульпо-подготовительный комплекс.
6. Пульпопровод. 7. Трубопровод подачи твердеющей закладки.
8. Камера (выработанное пространство)

Достижение отмеченной крупности инертного заполнителя при подземном дроблении горных пород на Гайском ГОКе возможно путем незначительной реконструкции, имеющихся дробильных комплексов (осуществление замкнутого цикла дробления руды, увеличение числа дробилок типа КМД и др.) без существенных дополнительных капитальных затрат.

Наши исследования и работы других авторов [3,4] показывают, что размер куска инертного заполнителя -25 мм является приемлемым, как с точки зрения величины затрат на гидротранспортирование (включая энергозатраты и износ пульповодов), так и с точки зрения требований к прочностным и деформационным свойствам закладочного массива, приготавливаемого вышеотмеченным способом.

Тем не менее, последнее обстоятельство требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований в лабораторных условиях, что будет осуществлено в 2018 году.

Литература

1. Технологическая инструкция по производству закладочных работ на подземном руднике Гайского ГОКа. Гай-Екатеринбург, 2007 г.
2. В.Г. Свиринов. Конечная крупность продукта дробления и эффективность работы обогатительного оборудования. М.: Горный журнал, серия «Обогащение, окомкование», 1972.
3. О.С. Брюховецкий. Гидравлическая модель потока гидросмеси для условий напорного транспортирования минерального сырья. -М.: Геоинформмарк, 1990
4. О.С. Брюховецкий. Методические основы ударного разрушения стенок трубопроводов потоками твердых частиц при гидравлическом транспортировании. -М.: Геоинформмарк, 1990.

ПЕРЕДВИЖНАЯ ЗАКЛАДОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ДОСТАВКИ И УКЛАДКИ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ

Брюховецкий О.С., Севостьянов Н.А., Байрамгулова Л.А.

МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

В настоящее время технология закладочных работ является одним из наиболее сложных, трудоемких и дорогостоящих элементов подземного способа добычи руд. Однако, анализ мирового опыта показывает, что до 35% рудников применяют системы разработки с закладкой выработанного пространства. Это связано с углублением горных работ, осложнением горно-геологических условий при подземной разработке месторождений, а также необходимостью более полного извлечения полезного ископаемого из недр.

На предприятиях заметно ухудшается горно-техническая обстановка, поскольку незаложенные объемы выработанного пространства составляют многие десятки и даже сотни миллионов м³, увеличивается глубина разработки, учащается проявление горных ударов.

На основе анализа горнотехнических условий ГОКов нами разработана рациональная технология с раздельной подачей компонентов твердеющей закладочной смеси с помощью передвижных закладочных установок (ПЗУ) с использованием пустой породы в качестве инертного заполнителя без выдачи ее на поверхность.

Проблема разработки перспективных технологий закладочных работ путем раздельной подачи компонентов твердеющей закладочной смеси (ТЗС) с помощью передвижных закладочных установок весьма актуальна, т.к. такая технология позволяет повысить эффективность приготовления, транспорта и укладки закладочной смеси. Преимущество ее заключается в обеспечении регулирования и получении закладочной смеси с заданными свойствами, а также в использовании пустой породы от горнопроходческих работ в качестве инертного заполнителя без выдачи ее на поверхность, что значительно уменьшает стоимость конечного продукта [1].

Доставка закладочных материалов за счет энергии воды используется в технологических схемах гидрозакладки и твердеющей закладки [2]. Закладочные комплексы могут работать либо с естественным напором (приготовление гидросмеси на поверхности шахты с доставкой ее в подземные, горные выработки самотеком), либо с искусственным напором, создаваемым пульпонасосами или загрузочными аппаратами в комплексе с водяными насосами. Возможна и комбинированная схема - самотечно-напорная.

При организации на шахте раздельной гидравлической доставки компонентов твердеющей смеси с использованием ПЗУ, перспективна схема, при которой раствор вяжущего компонента приготавливается на поверхности шахты и доставляется до ПЗУ самотеком, а пустые породы из горнопроходческих выработок (инертный заполнитель) после подземного дробления (измельчения) – гидротранспортом.

Существенным преимуществом при использовании комплекса с ПЗУ, являются: низкий расход сжатого воздуха за счет сокращения длины транспортирования смеси с пневмоподдувкой; улучшение прочностных свойств возводимого закладочного массива за счет исключения расслоения смеси при транспортировании в выработанное пространство, так как приготовление ее осуществляют непосредственно перед укладкой.

Передвижная модернизированная закладочная установка (ПЗУМ), разработанная на основе модернизации известной ПЗУ [3], состоит из подвижной платформы на раме шахтной вагонетки, цилиндрического водоотделителя, сборника-смесителя, дополнительного звена очистки (обезжелезивания) – гидроциклона с шариковой фильтрующей насадкой и насоса (рис 1.).

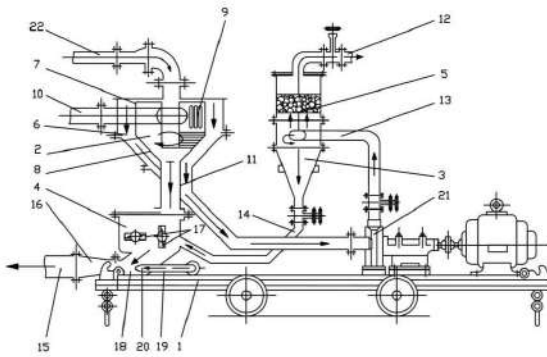


Рис. 1. Схема передвижной модернизированной закладочной установки (ПЗУМ).

1 – передвижная платформа; 2 – цилиндрический водоотделитель; 3 – гидроциклон; 4 – сборник-смеситель; 5 – шариковая насадка; 6 – наружный корпус водоотделителя; 7 – перекрытая верхняя цилиндрическая часть водоотделителя; 8 – нижняя коническая часть водоотделителя; 9 – щелевые окна; 10 – трубопровод тангенциального ввода пульпы (инертным наполнителем);

11 – разгрузочная горловина; 12 – слив; 13 – соединительный канал; 14 – разгрузочный трубопровод гидроциклона; 15 – трубопровод подачи готовой закладочной смеси; 16 – эжектор; 17 – рабочие лопасти; 18 – разгрузочная камера; 19 – воздухоподводящий трубопровод; 20 – насадка; 21 – шламовый насос; 22 – трубопровод вяжущего раствора;

Приготовление твердеющей закладочной смеси в ПЗУ производится следующим образом. Порода (инертный наполнитель) с водой (пульпа) поступает по трубопроводу 10 в цилиндрический водоотделитель 2, а раствор вяжущих компонентов (цементное молоко) – по трубопроводу 22, смонтированному по оси цилиндрического водоотделителя. В конусной части водоотделителя происходит предварительное смешивание обезвоженного продукта цилиндрического водоотделителя (класса +1 мм) с раствором вяжущего компонента. Смесь (порода крупностью -25 мм и вода) через щелевые окна при помощи шламового насоса 21 по трубопроводу подается в гидроциклон 3 на вторую стадию обезвоживания. Гидроциклон 3 – оригинальной конструкции, позволяет производить дополнительное обезвоживание с помощью шарикового фильтра 5. Слив гидроциклона (-0,1 мм и вода) отводят в водоотливную канавку по трубопроводу 12; породу – по трубопроводу 14 в сборник-смеситель для смешивания с крупным классом наполнителя (породы) и раствором вяжущего компонента.

Окончательное смешивание трех составляющих твердеющей смеси (продукты цилиндрического водоотделителя, гидроциклона, раствора вяжущих компонентов) производят механическим путем в сборнике-смесителе 4. Смеситель выполняет и функции дозатора, равномерно подавая твердеющую смесь в разгрузочную камеру 18. В камере смешения твердеющая смесь подхватывается струей сжатого воздуха, вытекающей из насадки, и выносится в закладочный трубопровод 15. Подача воздуха производится от пневматической сети через гибкий шланг.

Литература

1. Брюховецкий О.С., Байрамгулова Л.А. Экономика закладочных работ на шахтах с раздельной подачей компонентов твердеющей закладочной смеси. 13 Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле», М., МГРИ-РГГРУ, 2017.
2. Смолдырев А.Е. Технология и механизация закладочных работ. –М.: Недра, 1974.
3. Брюховецкий О.С. Патент №1537839 на изобретение «Закладочная установка», 1993 г.

ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

¹Экомасов С.П., ¹Шендеров В.И., ¹Подмарков О.В.

¹itcsys@rambler.ru, НОЦ "МГРИ-РГГРУ – ООО "СИС", г. Москва, Россия

Исполнительным органом источника является гидропневматическая камера, использующая в качестве рабочего тела сжатый воздух. Порция воздуха сжимается в рабочем цикле источника с помощью гидравлической энергии (используется гидропривод базовой машины). Динамическое нагружение грунта осуществляется в процессе резкого расширения воздуха в рабочем объеме камеры. Использование одной и той же порции воздуха (истечение воздуха в атмосферу исключено) для совершения рабочих циклов повышает КПД источника примерно вдвое по сравнению с пневматическими и газодинамическими генераторами. Эксплуатация гидропневматических источников не требует использования дополнительных энергоносителей, кроме топлива, потребляемого двигателем базовой машины. Этим достигается по сравнению с известными генераторами упругих волн более высокая автономность. Источник прост в эксплуатации и надежен в работе. Он генерирует волны более высокой частоты по сравнению с пневматическими, газодинамическими и электромагнитными источниками.

В настоящее время разработано две модификации источника: один (ГПИ-2) на базе автомобиля УРАЛ 4320 (двухкамерный источник с суммарным усилием в ударном импульсе до 2,7 МН (270 т)) и второй (ГПИ-1) – также двухкамерный источник на базе автомобиля ГАЗ 33086 с суммарным усилием в 0,8 МН (80 т).

Полевые испытания первого из этих источников проводились в Саратовской геофизической экспедиции на исследовании ВЧР и в «Башнефтегеофизика» на линейном профиле 2D и на скважине при ВСП. Испытания показали, что источник ГПИ-2 более чем в два раза мощнее источника КЭМ-100 (электромагнитный источник на базе УРАЛ 4320) и несколько слабее вибратора NOMAD-65. При проведении ВСП установлено, что визуальное качество отражений при обработке вибраторами выглядит лучше, но анализ рассчитанного атрибута «соотношение сигнал/шум» показывает среднее значение по стволу скважины для вибраторов - 45, для ГПИ-2 - 32. Если учесть, что при обработке скважины работали два виброисточника в группе, а ГПИ-2 был в единственном экземпляре, то напрашивается вывод о том, что оба источника сопоставимы по мощности.

Анализ результатов, полученных в ходе выполненных опытных и производственных работ, позволяет сделать следующие выводы:

- результаты проведенных экспериментов показывают, что ГПИ-2 пригоден в качестве источника при проведении работ вертикального сейсмического профилирования;
- по показателям мощности ГПИ-2 занимает промежуточное положение между КЭМ-100 и NOMAD-65, что позволяет рекомендовать его для проведения полевых сейсморазведочных работ при условии группирования не менее двух источников в группе;
- к дополнительным плюсам источника можно отнести такие второстепенные факторы, как безопасность эксплуатации (ГПИ-2 не использует взрывоопасные кислород-пропановые смеси, как ГСК-6М, или опасное напряжение, как КЭМ), а также по отношению к виброисточнику возможность применения при решении задач изучения верхней части разреза (МПВ, МСК);
- определить такие параметры, как надежность, стабильность работы и долговечность, не представлялось возможным, так как они могут быть оценены только при долгосрочной эксплуатации источника.

Целесообразность разработки источников с различными техническими параметрами обусловлена требованиями решения различных геологических задач и большим разнообразием характеристик грунтового фона в районах проведения сейсморазведочных работ.

Проблема создания удовлетворяющих требованиям импульсных источников сейсмических колебаний в значительной мере связана с установлением единых критериев

сейсмической эффективности разрабатываемых образцов. Установление этих критериев необходимо:

1) для выработки требований к источникам, предназначенным для решения различных геологических задач, разработки параметрического ряда источников и в дальнейшем – создания на них отраслевого стандарта;

2) для оценки перспективности разработки на стадии создания экспериментального образца машин и обоснования области её применения;

3) для обоснования направлений и методов усовершенствования импульсных источников сейсмических колебаний.

Критерии должны удовлетворять следующим требованиям:

1) отражать физическую сущность процессов генерирования волн в грунтовых средах импульсной нагрузкой;

2) определять основные параметры возбуждаемых волн – их амплитуду и частотную характеристику;

3) количественная оценка параметров, установленных в качестве критериев сейсмической эффективности импульсных источников, должна быть несложной в техническом и методическом планах.

Используемая в настоящее время в качестве основной технической характеристики импульсных источников величина энергии ударного воздействия не удовлетворяет перечисленным требованиям. Она не в полной мере отражает процесс генерирования волн при ударном взаимодействии гильзы взрывной камеры источника с грунтом и не определяет однозначно амплитуду и частотную характеристику волны. Так, при одной и той же энергии, воздействие, характеризующееся большей скоростью нагружения среды, приводит к повышению частотного спектра генерируемого сигнала, а воздействие с меньшей скоростью нагружения – к снижению частотного спектра и при определённых условиях к увеличению амплитуды сигнала.

Процесс взаимодействия рабочего органа импульсного источника сейсмических колебаний с грунтом носит ударный характер. В соответствии с теорией удара в качестве меры указанного взаимодействия должны рассматриваться параметры ударного импульса, генерируемого на контакте рабочий инструмент – среда воздействия. Указанный фактор является первым и основным положением предлагаемого метода оценки сейсмической эффективности импульсных источников, поскольку он определяет характер рекомендуемых критериев оценки. Второй фактор касается методики определения величин параметров, принятых в качестве критериев.

Очевидно, что условия оценки параметров сейсмической эффективности различных импульсных источников должны быть идентичными. Такие условия могут быть реализованы лишь при стендовых испытаниях. При этом среда, подвергаемая воздействию, может быть представлена упруго-деформируемой преградой установленной жёсткости. Предлагаемая модель среды в определённой мере правомерна для условий воздействия рабочего инструмента источника по предварительно уплотнённому грунту. Подобные условия выполняются при работе импульсных источников в режиме накопления. Кроме того, следует иметь в виду, что предлагаемая модель в рамках решаемой задачи используется не для количественной оценки параметров волн, генерируемых источником в тех или иных грунтовых средах, а лишь для оценки технических характеристик источников. Установление же количественной взаимосвязи найденных технических характеристик с параметрами волн, генерируемых в конкретных средах, является следующей самостоятельной задачей.

Литература

1. Гидропневматический источник (ГПИ-2) - новый поверхностный источник возбуждения сейсмических колебаний. *Гафаров Р.М., Сираев И.А., Экомасов С.П., Барбиери П.* Геофизика. 2017. № 3. С. 14-23.

«ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОРАДАРОВ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ»

Изюмов С.В.

inter@trgeo.ru, ООО «Геологоразведка», г. Москва Россия
Gajdos Vojtech, CSc IngGeoCom s.r.o, Bratislava, vojtechgajdos@gmail.com

Аннотация: В статье приводится описание метода георадиолокации для обследования дорог. **Abstract:**

The paper describes the methodological approaches to the use of modern technology for GPR humidity control, pollution and embankment thickness. The railway or highways use one or more layers of reflective geotextile.

Ключевые слова: георадар, подповерхностное зондирование, интерпритация.

Key words: georadar, subsurface sounding, interpretation.

В результате техногенного воздействия на существующие объекты улично-дорожной сети городов, связанных со строительством и эксплуатацией подземных инженерных коммуникаций и сооружений, расположенных под дорожным полотном, вследствие карстовых и оползневых процессов, имеющих местно в ряде регионов РФ, значительное число объектов улично-дорожной сети подвержено просадкам основания дорожного полотна, что ставит под угрозу безопасность движения автотранспорта.

Строительство подземных сооружений и коммуникаций в крупных городах ведёт к изменению гидрогеологического режима подземных вод, что иногда приводит к подтоплениям и размывам грунта. Встречаются случаи нарушения технологии проходки тоннелей метро и прокладки инженерных подземных коммуникаций. Эти нарушения могут приводить к просадкам или даже провалам грунта под объектами улично-дорожной сети. Многие подземные коммуникации, канализационные и водосточно-дренажные коллекторы, водопроводы, находящиеся в эксплуатации сверх положенного срока, подвержены многочисленным разрушениям. Происходит вынос грунта вместе с потоком сточных или дождевых вод в разрушенные коммуникации. Такие суффозионные процессы неизбежно приводят к просадкам и провалам грунта. Зачастую они осложняются нарушениями естественного гидрогеологического режима в результате подземного строительства.

Перед появлением видимых разрушений дорожного покрытия внутри дорожной одежды или земляного полотна протекают скрытые процессы (образование пустот, заиливание дренирующих слоев, переувлажнение грунта земляного полотна, инфильтрация грунтовых вод и т.п.), своевременное выявление которых позволило бы вовремя принимать соответствующие меры.

Большинство проектных организаций и контролирующие организации используют геофизические методы. Для обследования состояния улично-дорожной сети метод подповерхностной георадиолокации обеспечивает высокую скорость сканирования, оперативность и достоверность получаемых результатов. Геофизическое зондирование проводится георадаром. Георадарное зондирование проводится в основном низкочастотным (НЧ) георадаром «ТР-ГЕО-01» производства ООО «Геологоразведка»[1] с центральной частотой рабочего диапазона 150 МГц. Размер каждой из антенн георадара составляет 40×40 см.

В качестве примера обследования полотна автодороги можно привести пример по выявлению мест протечки грунтовых вод, в результате которых имели место неоднократные просадки и провалы дорожного полотна. Для выявления мест протечек и объяснения причин провалов дорожного полотна был использован георадар «ТР-ГЕО».

На вертикальном профиле рис.1 представлено радиолокационное изображение неоднородностей исследуемой среды, в том числе всевозможных неоднородностей,

локальных зон обводнения, коммуникаций и других техногенных объектов. В верхней части радиолокационных профилей (глубины до 1-1.5 м) могут также находиться изображения сигналов, вызванных изменениями сигнала прямого прохождения в процессе сканирования. Кроме полезных отражённых сигналов и сигналов от прямого прохождения в сигнале георадара могут присутствовать также мешающие отражения со стороны объектов, находящихся в верхнем воздушном полупространстве.

Амплитуда и знак полупериодов отражённых сигналов на радиолокационном изображении показаны цветовой палитрой.

Характер объекта (металлический/влажный или диэлектрический) определяется следующим образом. Если объект имеет большую диэлектрическую проницаемость или проводимость, чем вмещающая среда (массив грунта), первый полупериод отражённого сигнала имеет отрицательный знак. Если диэлектрическая проницаемость объекта меньше, чем у окружающего грунта, знак первого полупериода положительный. Металлические объекты и зоны увлажнения имеют отрицательный знак отражённого сигнала. Первый полупериод отражённого сигнала для таких объектов на радиолокационном изображении показан "холодным" цветом: голубым, синим или зелёным.

На вертикальных профилях локальный объект (неоднородность, зона увлажнения) или возможный линейный объект (труба, кабель), расположенный перпендикулярно профилю, выглядит как серия полос чередующегося знака и изогнутых в виде гипербол. Гиперболы обращены вершиной вверх. Положение верхней границы объекта совпадает с вершиной верхней гиперболы, соответствующей началу первого полупериода колебаний отражённого сигнала. По форме этой "гиперболы" можно оценить диэлектрическую проницаемость среды зондирования.

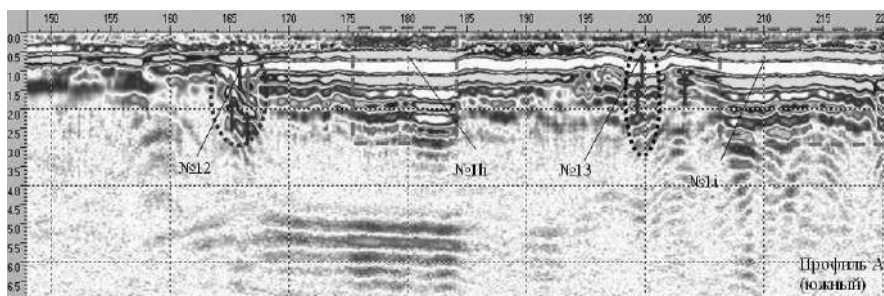


Рис. 1. Результаты полученные после обработки данных зондирования.

Выводы: Двадцатипятилетний опыт применения георадаров серии «ТР-ГЕО», разработанных в ООО «Геологоразведка», в различных регионах РФ и за рубежом показал, что потенциал георадаров достаточен для решения многих задач в первых десяти метрах. Использование георадаров дает возможность получение информации об основных элементах строения природных массивов; определение состояния массива горных пород, наличия зон естественной и техногенной трещиноватости. Методика георадарных исследований включает в себя два основных способа: профилирование и зондирование.

Литература

[1]. Изюмов и др. «Теория и методы георадиолокации», Учеб. пособие, М.: Изд. «Горная книга», Изд. Московского государственного горного университета, 2008, 196 с.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕВЗРЫВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СПОСОБОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ МЕТРОСТРОЯ

Мурсалимов А.Д., Несмотряев В.И.
МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

В рамках поставленной задачи рассмотрим некоторые невзрывные механические способы разрушения горной породы: буро-клиновым способом, гидроклиньюми, расширяющимися смесями на цементной основе, гидромолотами.

При использовании буро-клинового способа разрушение породы происходит по плоскостям напластования и расщепления пород. Технология отделения раскалыванием предусматривает бурение ряда шпуров, в которые вставляются клинья. С этой целью применяются клиновые устройства различных конструкций. Распорное усилие возникает либо при ударе по клину, либо благодаря давлению, создаваемому гидравлической системой. Шпуры диаметром 40 мм бурят цельным буром, на практике часто происходит его заклинивание, что осложняет работу. Способ характеризуется высокой трудоёмкостью, трудностью раскола нехрупких горных пород из-за деформации в зоне приложения нагрузки и невысокой производительностью.

Гидроклинья позволяют создавать большие раскалывающие усилия, обеспечивающие раскол в нужном направлении без разрушения породы в ближней зоне. Для направленного раскола в заданной плоскости пробуривают ряд шпуров, в которых устанавливают один или несколько клиньев с гидравлическим приводом. Гидроклинья работают при давлении 50-70 МПа. Для раскола прочных и хрупких горных пород применяют гидроклинья с малой, а в породах невысокой прочности – с большей величиной раздвижения щёчек и работающие с меньшими разрывными усилиями. Эффективность работы клиньев возрастает при увеличении ослабления плоскости откола. Качество и производительность работ определяются соотношением нескольких факторов – прочностью породы, площадью откола на один клин, шагом установки гидроклиньюев, текстурой и степенью анизотропности пород. Способ характеризуется рядом недостатков. В частности, может иметь место диагональный скол, направленный под углом к намеченной плоскости откола. Процесс подготовки предусматривает создание обнажающих щелей и оконтуривание шпурами с размещением в них гидроклиньюев.

Невзрывчатые разрушающие составы (НРС) представляют собой порошкообразный материал на основе цемента. При добавлении в него в определённой пропорции воды получается рабочая смесь, которая будучи помещённой в шпур затвердевает с увеличением объёма. В шпуре формируется давление в 40-50 МПа. Использование НРС не требует высокой квалификации персонала, экологически безопасно, не сопровождается шумом, не загрязняет окружающую среду. К недостаткам способа относится большая продолжительность процесса разрушения и значительный объём буровых работ и, как следствие, невысокая производительность работ.

Наиболее приемлемым способом невзрывной отбойки горных пород при проведении горизонтальных выработок следует считать применение *гидромолотов*. Они могут монтироваться на миниэкскаваторах, погрузчиках, других машинах. Например, гидравлические молоты Rammer фирмы Sandvik (Финляндия) массой 70-235 кг могут применяться при тоннелепроходческих работах. Их использование позволяет исключить расходы на приобретение дорогого бурильного оборудования, сводит к минимуму применение буро-взрывных работ.

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ПАСПОРТА БУРО-ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Байгускаров А.А., Несмотряев В.И.

МГРИ-РГТРУ, Москва, Россия

На руднике «Юбилейный» ООО «Башкирская медь» взрывные работы осуществляются один раз в сутки. Следовательно, целесообразно для сокращения сроков проходки горных выработок и увеличения производительности труда увеличить глубину шпуров, повысить коэффициент использования шпура, тем самым увеличив подвигание забоя за цикл.

Для решения этих задач предлагается применить высокопроизводительную и высокотехнологичную самоходную бурильную установку RocketBoomerL2C. Эта двухстреловая машина способна бурить шпуры глубиной 5,3 м без наращивания штанг, снабжена системой управления RCS от бортового компьютера, с полноценным дисплеем параметров, автоматическим режимом забуривания. Усовершенствованная регулировка перфоратора обеспечивает высокую производительность и существенное увеличение ресурса бурового инструмента. Имеется встроенная система диагностики и обнаружения неисправностей, а прочные стрелы-манипуляторы позволяют быстрое, прямое и аккуратное координатное перемещение податчика от шпура к шпуру.

Учитывая возможности бурильной установки, среднюю глубину шпуров можно принять равной 5,0 м при диаметре 51 мм. Для получения высокого значения коэффициента использования шпуров необходимо применить прямой вруб. Рекомендуется использовать вруб с тремя незаряжаемыми скважинами диаметром 76 мм, которые будут выполнять функции компенсационных полостей. Для бурения скважин будут применяться специальные коронки-расширители. Точность бурения рекомендованной бурильной установки составляет $\pm 0,5$ мм/м. Таким образом, заметного отклонения шпуров от проектного направления происходить не будет. Это обстоятельство как раз является неперенным требованием при использовании глубоких прямых врубов.

Проанализировав характеристики взрывчатых веществ, технологию ведения взрывных работ на предприятии, рекомендации специалистов, накопленные многолетними исследованиями, и в соответствии с Правилами безопасности в качестве ВВ будет применяться игдтант П. Выбор этого ВВ обусловлен также тем, что оно изготавливается на стационарном подземном пункте, имеет довольно высокую работоспособность при относительной дешевизне.

Для инициирования шпуровых зарядов предусматривается использование неэлектрических систем инициирования СИНВ с длиной ударно-волноводной трубки 7 м. Применение СИНВ целесообразно потому, что в конструкции не используются первичные инициирующие ВВ, системы нечувствительны к блуждающим токам и зарядам статического электричества. Последнее как раз очень важно при ведении взрывных работ по металлическим рудам и в условиях широкого использования электрооборудования. Важно и то, что в данном случае упрощается ведение взрывных работ по технологии обратного инициирования, которая позволяет получить хороший эффект.

В качестве патрона-боевика будет применяться промежуточный малогабаритный детонатор ДПМ-3, взрывчатым веществом в котором является пентолит 90/10. Иницирование патрона-боевика будет производиться системой СИНВ.

Вместо традиционной забойки шпуров рекомендуется применить запирающее газодинамическое устройство. Оно позволяет удерживать газообразные продукты взрыва в шпуре примерно 20 с, что положительно сказывается на к.п.д. взрыва.

Масса шпуровых зарядов составит 7 кг для врубовых и 6 кг для отбойных и оконтуривающих шпуров. Иницирование волноводов может осуществляться путем соединения их в пучки до 20 штук в каждом и обвязки пучков детонирующим шнуром, а инициирование детонирующего шнура – с помощью электродетонатора мгновенного действия.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА ДОБЫЧНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТАНОУГОЛЬНЫХ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Шишляев В.В., Кузнецов Р.В.
АО «Газпром промгаз», г. Москва, Россия

Прогноз добычных возможностей метанугольных скважин, как и для традиционных нефтяных и газовых скважин, проводится, основываясь на геолого-фильтрационной модели месторождения. Помимо задач построения кривых прогноза, геолого-фильтрационные модели используют для решения самостоятельных задач:

- обоснование выбора системы размещения и плотности сеток метанугольных скважин;
- обоснование выбора эксплуатационных объектов;
- выявление и количественная оценка вклада различных факторов, влияющих на разработку;
- многовариантный прогноз технологических показателей разработки;
- выбор скважин кандидатов и объектов для проведения ГТМ;
- контроль и регулирование разработки месторождения;

При составлении прогноза добычных возможностей метанугольных скважин при добыче метана из угольных пластов возможно применение простейших моделей, базирующихся на простейших математических моделях материального баланса [1]. Однако точность моделей не позволяет проводить организацию системы разработки с целью наиболее полного извлечения метана из угольных пластов, поскольку описывают закон сохранения энергии для всего месторождения.

В настоящее время широко распространены трехмерные модели фильтрации, позволяющие детально описывать процессы миграции флюида в пласте в ходе разработки метанугольных месторождений, но вместе с тем требует в качестве входных данных детальной информации о свойствах пласта и флюида.

На различных стадиях освоения метанугольных месторождений проводится уточнение и актуализация геолого-фильтрационной модели. Тем не менее, основные проектные технологические показатели работы метанугольных скважин, как правило, отличаются от фактических, что вызвано совокупностью факторов. По результатам анализа работы пробной эксплуатации разведочных скважин, основными причинами, вызывающими расхождения проектных и фактических показателей их эксплуатации являются следующие:

- недостаточная изученностью геолого-промысловых характеристик угольных пластов. Ошибки в исходных данных при моделировании, обусловленные ограниченным количеством фактического материала, невысокой достоверностью принятых значений параметров угольных пластов и насыщающих их флюидов и т.д. ;

– организационно-технические причины, связанные с изменением технологических режимов эксплуатации скважин при остановке скважин для проведения текущих ремонтов скважин, а также невысокая достоверность принятых значений технологических параметров работы скважин или их отсутствие;

При создании фильтрационной модели используется широкий спектр исходной геолого-промысловой информации [2, 3]. К основным геологическим параметрам, влияющим на уровень и динамику изменения технологических показателей эксплуатации метаноугольных скважин, относятся:

- сорбционные характеристики угольных пластов;
- угленосность по разрезу и эффективная мощность угольных пластов;
- характер изменения и распределения газоносности;
- характер насыщенности угольных пластов;
- прочностные и деформационные свойства угольных пластов;
- фильтрационные параметры угольных пластов.

В программном комплексе Schlumberger Eclipse при разработке гидродинамической модели по добыче метана из угольных пластов задаются более трех десятков параметров, описывающих фильтрационно-емкостные свойства месторождения, энергетическое состояние залежи, физико-химические свойства пластовых флюидов, а также параметры, описывающие работу скважин.

В работе проанализированы степень достоверности определения геолого-промысловых параметров угольных пластов лабораторными, геофизическими, гидродинамическими и промыслово-технологическими методами исследований, проведена оценка влияния параметров пластов на технологические показатели эксплуатации скважин и оценка риска недостижения заданных проектных значений объемов добычи.

Литература

1. Шишляев В.В. Применение математических моделей для решения задачи выбора эксплуатационных объектов при организации системы разработки метаноугольных месторождений. Наука и техника в газовой промышленности. 2014. № 1 (57). с. 34-43
2. Сторонский А.Н. Фильтрационно-емкостные свойства угольных пластов. Газовая промышленность. 2012. № 672. с. 25-27.
3. Шарипов Б.И., Сизиков Д.А., Шишляев В.В., Кузнецов Р.В. Анализ применимости различных систем разработки метаноугольных залежей в горно-геологических условиях Нарыкско-Осташкинского метаноугольного месторождения. Наука и техника в газовой промышленности. 2016. № 4 (68), с. 3-9.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ НЕДР - СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

¹Спектор С.В., ¹Анненков А.А.

¹info@geomonitoring.ru, ФГБУ «Гидроспецгеология», г. Москва, Россия

Государственный мониторинг состояния недр (ГМСН) на территории Российской Федерации представляет собой систему регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации с целью оценки состояния геологической среды и прогноза изменений под влиянием природных и техногенных факторов. Система ГМСН предназначена для информационного обеспечения органов управления государственным фондом недр и других органов государственной власти данными, необходимыми для принятия решений по рациональному и безопасному недропользованию, планированию геологоразведочных работ и управлению фондом недр.

В соответствии с Законом Российской Федерации «О недрах» мониторинг состояния недр и прогнозирование происходящих в них процессов является составной частью государственного геологического изучения недр. Кроме того, в соответствии с рядом нормативно-правовых актов, ГМСН входит в состав государственного экологического мониторинга, государственного мониторинга водных объектов, является функциональной подсистемой единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Исполнителем работ по ведению ГМСН является ФГБУ «Гидроспецгеология». Работы выполняются на основании государственного задания, в котором определены основные значения показателей выполнения работ. ГМСН осуществляется на федеральном, региональном и территориальном уровне. На федеральном уровне работы ведет головное предприятие ФГБУ «Гидроспецгеология», на региональном уровне, в пределах каждого федерального округа – филиалы ФГБУ «Гидроспецгеология», на территориальном – обособленные подразделения филиалов либо сторонние организации на основе договоров подряда, которые заключаются в соответствии с 44-ФЗ.

ГМСН осуществляется в рамках 3 основных подсистем - мониторинг подземных вод, мониторинг опасных экзогенных геологических процессов, мониторинг опасных эндогенных геологических процессов.

В рамках подсистемы мониторинга подземных вод изучаются состояние подземных питьевых, минеральных, теплоэнергетических вод, в том числе уровенный, температурный и гидрохимический режимы; изменение состояния подземных вод под влиянием природных и техногенных факторов; состояние ресурсной базы подземных вод (прогнозные ресурсы, запасы, добыча и использование подземных вод); качество и загрязнение питьевых подземных вод

В рамках подсистемы мониторинга опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП) изучаются региональная пораженность территорий опасными ЭГП; геологические опасности и риски проявления ЭГП в природных и природно-техногенных условиях; динамика развития отдельных проявлений ЭГП и их групп (ассоциаций), воздействие ЭГП на объекты недропользования и другой хозяйственной деятельности; региональные геологические и зонально-геологические факторы развития ЭГП.

В рамках подсистемы мониторинга опасных эндогенных геологических процессов (ЭнГП) изучаются вариации тектоно-напряженного состояния горных пород; динамика сейсмогеодинамических процессов, современная геодинамическая активность платформенных и горноскладчатых областей; влияние ЭнГП на окружающую природную среду (подземные воды и ЭГП).

Для ведения ГМСН создана опорная наблюдательная сеть, включающая около 4 тысяч гидрогеологических скважин, более 600 участков наблюдений за опасными экзогенными процессами, 5 специализированных сетей ГГД-мониторинга в сейсмически активных областях РФ, включающих 130 скважин для оценки напряженного состояния гидрогеодеформационного поля. Наблюдательные пункты оснащены автономными

измерительными комплексами и телеметрической системой передачи информации. Информация передается в режиме он-лайн на сервер ФГБУ «Гидроспецгеология», накапливается и обрабатывается.

Информационные ресурсы ГМСН формируются как за счет собственных источников информации, получаемой при ведении ГМСН на опорной наблюдательной сети, так и за счет внешних источников информации – данных мониторинга недропользователей, фондовых материалов (результаты геологоразведочных, тематических, региональных работ, данные учета запасов), сводной статистической отчетности недропользователей о добыче и использовании подземных вод, гидрометеоданных и др.

Информационная продукция ГМСН включает материалы к ежегодным государственным докладам, в том числе «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»; «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации»; «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации»; «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации». ежегодные выпуски информационных бюллетеней о состоянии недр на территории Российской Федерации; информационные сводки о проявлениях опасных экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации; прогнозы сезонных положений уровней грунтовых подземных вод на территории Российской Федерации; сезонные прогнозы активизации опасных экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации. Прогнозы развития экзогенных процессов составляются на процессоопасные периоды (весна-лето и осень, а также на год) по территориям субъектов РФ и передаются в территориальные подразделения МЧС. Материалы для прогноза степени сейсмической опасности включают ежемесячные информационные бюллетени с оценкой сейсмической опасности на основе комплексного анализа данных гидрогеодеформационного, геофизического и газогидрохимического мониторинга и передаются во ВНИИ ГО ЧС МЧС России и в Межведомственный совет по прогнозу землетрясений МЧС России и РАН. Результаты ГМСН регулярно размещаются на сайте www.geomonitoring.ru.

Основные направления дальнейшего развития системы ГМСН включают актуализацию нормативно-правового обеспечения ГМСН; создание карт основных водоносных горизонтов территории Российской Федерации на основе разработанной карты гидрогеологического районирования и унифицированных схем гидрогеологической стратификации; создание ежегодно обновляемых карт состояния подземных вод на основе карт основных водоносных горизонтов; создание карт опасностей для регионов с высокой пораженностью ЭПП; модернизацию средств измерения, передачи и накопления данных ГМСН на основе разработанной единой интегрированной информационной системы автоматизированного сбора и телеметрической передачи информации; внедрение в практику полевых обследований беспилотных летательных аппаратов и других дистанционных методов; совершенствование методики прогнозирования состояния недр.

ЛИТЕРАТУРА

- Лыгин А.М., Анненков А.А., Спектор С.В. Организация и ведение ГГД-мониторинга на территории РФ и перспективы сотрудничества со странами СНГ. «Разведка и охрана недр», №10.2012
- Спектор С.В., Пугач С.Л., Святовец С.В. и др. Современное состояние системы ГМСН и основные направления ее развития. «Разведка и охрана недр», №7, 2007
- Пугач С.Л. Спектор С.В., Святовец С.В. и др. Подсистема мониторинга подземных вод и основные направления ее модернизации, РиОН, №7, 2007
- Мольский Е.В., Миронова А.В., Румынин В.Г., Спектор С.В. и др. Методические подходы к реализации мониторинга трансграничных водных объектов, «Разведка и охрана недр», №7, 2007

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛИ КУЛОНА-МОРА И ОБОБЩЁННОЙ МОДЕЛИ ХУКА-БРАУНА

Величко Д.В.

dmitrii_velichko@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Теория Кулона-Мора — математическая модель, описывающая зависимость касательных напряжений материала от величины приложенных нормальных напряжений. В основе её лежит гипотеза Мора о зависимости предельных касательных напряжений от среднего нормального напряжения и гипотеза Кулона о том, что называемая зависимость обусловлена внутренним трением в твёрдом теле.

Критерий прочности Кулона-Мора представляет собой билинейную зависимость касательных напряжений материала от величины приложенных нормальных напряжений. Эта зависимость может быть представлена в следующем виде:

$$\tau = \sigma \tan(\varphi) + c$$

Где τ — величина касательных напряжений, σ — величина нормальных напряжений, c — пересечение кривой критерия прочности с осью τ , а $\tan(\varphi)$ — тангенс угла наклона кривой критерия прочности. Величину c часто называют сцеплением, а угол φ — углом внутреннего трения.

Критерий прочности Мора — Кулона обычно используется для анализа несущей способности грунтовых массивов. При нагружении грунты работают преимущественно на сдвиг по поверхности с наименьшей несущей способностью. Поэтому сдвиговая прочность является определяющей прочностной характеристикой для грунтов. Разрушение реализуется в тот момент, когда величина сдвигового (касательного) напряжения достигает предела прочности грунта на сдвиг. Поэтому связь между нормальными напряжениями и касательными напряжениями является критерием прочности для грунтов.

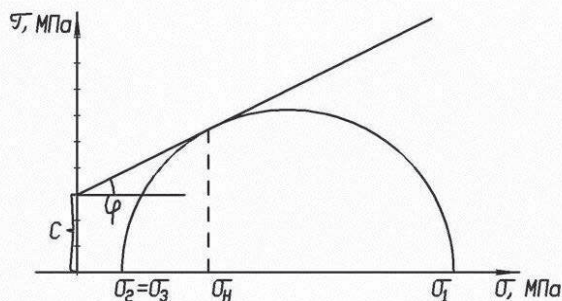


Рисунок 1. Критерий прочности Кулона-Мора для горной породы

Модель Хука-Брауна является эмпирической моделью, описывающей разрушение массивов породы, выведенной на основании статистического анализа параметров сотен подземных выработок и скальных откосов.

Модель Хука-Брауна может быть записана следующим образом:

$$\sigma_{1,ef} = \sigma_{3,ef} + \sigma_c \left(\frac{m_b \cdot \sigma_{3,ef}}{\sigma_c} + s \right)^a$$

Где $\sigma_{1,ef}$ — максимальное главное напряжение при разрушении массива, $\sigma_{3,ef}$ — минимальное главное напряжение при разрушении породного массива, σ_c — предел прочности в образце на одноосное сжатие, m_b — константа Хука-Брауна для породного массива, зависящая от типа породы, a, s — безразмерные характеристические переменные, зависящие от свойств массива

Если сравнивать обе модели друг с другом, то графически это можно выразить в виде следующего построения

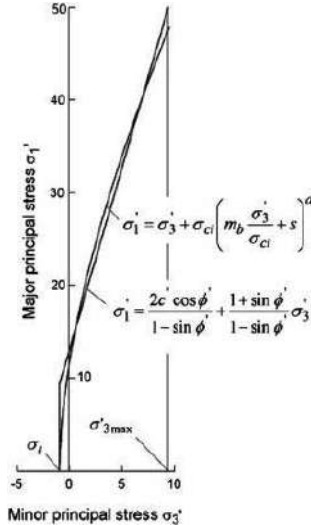


Рисунок 2. Графическое представление взаимосвязи критериев Хука-Брауна и Кулона-Мора

Из рис.1 и рис. 2 видно, что обе модели, в принципе, имеют много общего с точки зрения зависимостей, однако, в основе модели Хука-Брауна лежит параболическая огибающая, а модель Кулона-Мора использует линейную огибающую. При практическом применении в горном деле, у модели Хука-Брауна есть одно существенное преимущество: модель Хука-Брауна позволяет оценивать значение прочностных характеристик пород в полевых условиях, не прибегая к использованию лабораторного оборудования. При этом оценка производится непосредственно в массиве, что повышает достоверность получаемых данных. Модель же Кулона-Мора требует испытания образцов для получения паспорта прочности пород, а также необходимо вводить поправочные коэффициенты при переходе от испытаний образца к прочности в массиве, что может завышать прочность массива и исказить результаты дальнейших вычислений.

Литература

1. Balmer, G. 1952. A general analytical solution for Mohr's envelope. Am. Soc. Test. Mat.52, 1260-1271.
2. Hoek, E. and Brown, E.T. 1980b. Empirical strength criterion for rock masses. J. Geotech. Engng Div., ASCE 106(GT9), 1013-1035.
3. Ухов С.Б, Семенов В. В., Знаменский В. В. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. — М.: Изд-во АСВ, 2005. ISBN 5-87829-003-0.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЩИТА С ГРУНТОВЫМ ПРИГРУЗОМ В ОБВОДНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Прищепов Н.А., Самара В.М., Яшин В.П.
Yashin49@bk.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

В данной работе рассмотрены технологические особенности применения щитового тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) S-755, 770 фирмы Herrenknecht [2] предназначенного для сооружения тоннелей метрополитена с водонепроницаемой сборной железобетонной обделкой в обводненных условиях. Главной задачей обеспечения эффективной и безаварийной работы щита в обводненных условиях является удержание забоя в стабильном состоянии при его разработке посредством создания со стороны щита активного грунтового пригруза, воспринимающего действующее давление водонасыщенного неустойчивого грунта. В качестве пригруза используется отделяемый от грунтового массива грунт, находящийся в призабойной герметически изолированной головной камере щита и превращаемый в достаточно связную, однородную и подвижную массу путем его кондиционирования за счет нагнетания пенораствора и полимерных связующих, пластифицирующих и стабилизирующих материалов [1].

Пенораствор, подаваемый в призабойную камеру и внутрь кожуха шнекового конвейера, готовится путем воздействия сжатого воздуха на растворенное в воде пенообразующее вещество (пенообразователь).

При использовании пеногрунтового пригруза:

- обеспечивается поддержание стабильного давления грунтового пригруза, снижение проницаемости грунта и образование грунтовой смеси однородного состава для выдачи её из приемной камеры;
- повышается текучесть разрабатываемого грунта;
- уменьшается степень налипания грунта на ротор щита и сила трения при разработке грунта;
- обеспечивается возможность транспортировки и утилизации разрабатываемого грунта без предварительной его очистки и обработки.

В комплект оборудования для приготовления и нагнетания пены входят генераторы пены, дозирочные насосы, инжекционные насадки в роторном органе, комплект аппаратуры управления, контроля, регулирования процесса приготовления и нагнетания пены. Объем пены, подаваемой в забой, зависит от давления пригруза по трассе тоннеля. Расчет потребности пенораствора для различных геологических условий проходки тоннеля, составляется на основании опыта проходки тоннелей с пенопригрузом забоя и рекомендаций фирмы - поставщика пенообразующих материалов. В среднем концентрация пенообразующего реагента принимается равной - 3%, при коэффициенте расширения - 15-20% и коэффициенте нагнетания пены - 25-40% [3].

Полимеры, обладающие свойствами связывать грунт с водой, нагнетают с помощью отдельного специального насоса к ротору и в забойную камеру, а также при необходимости в нижнюю часть шнекового конвейера. Там его необходимо тщательно перемешать с грунтом до необходимой консистенции. Полимер необходим для осуществления проходки в обводненных несвязных грунтах. При взаимодействии с водой он преобразуется в гель и позволяет создавать «пробку» у шнека, препятствуя попаданию воды внутрь ТПМК, также он необходим для поддержания стабильного грунтопригруза.

Применение полимеров позволяет получить следующие результаты:

- уменьшаются показатели водонепроницаемости грунта в забое (грунт лучше держит воду);

- грунт становится более пластичным, а пластическая деформация грунта обеспечивает ровное и контролируемое давление пригруза, что повышает устойчивость забоя;
- обработанный грунт при разработке не прилипает к поверхностям режущего и транспортирующего оборудования, что снижает частоту и продолжительность технического обслуживания щитового комплекса;
- уменьшается внутреннее трение грунта и снижается абразивность, за счет чего уменьшается износ режущего инструмента и деталей шнекового конвейера, а также снижается энергопотребление и возрастает срок службы оборудования;
- существенно повышается вязкость грунта, который из водонасыщенного и текучего превращается в легко транспортируемую вязкую массу.

Ведущими фирмами производителями полимеров применяемых для щитовой проходки на мировом рынке являются: BASF, Condat S.A., MC Bauchemie. Так, компания BASF выпускает полимеры серии MasterRoc: CBA 710; SLFP 1; SLP 2, а компания Condat S.A. выпускает полимер TFA 34. Также на нашем рынке представлен полимер от компании МСЦ-Консол.

Дополнительно, для осуществления безопасной проходки в сложных геологических и гидрогеологических условиях ТПМК HerrenknechtS 770, 755 оборудованы специальными каналами [2], через которые подается полимер или бентонит в камеру ротора. Бентонит необходим на случай аварийной (внеплановой) остановки ТПМК. Он напрямую нагнетается с помощью насоса ОС-50 в камеру ротора и служит для создания «искусственно» грунтопригруза.



Рис. 1. Каналы для подачи полимера и бентонита в камеру ротора.

Также ТПМК Herrenknecht оборудован четырьмя дюзами. Дюзы имеют диаметр 2 дюйма и располагаются в средней секции щита, под углом к своду щитового комплекса. Каждый дюз оборудован шаровым краном с задвижкой. Через дюзы может осуществляться нагнетание бентонита для уменьшения сопротивления трения между верхней оболочкой щитового комплекса и горной породой.

Список использованной литературы.

1. Федунец Б.И., Бойко Ф.А. Строительство перегонных тоннелей современными ТПМК при проходке в сложных гидрогеологических условиях Митинско-Строгинской линии московского метрополитена, Горный информационно-аналитический бюллетень. № 7/2008.
2. Техрегламент на проходку ТПМК Herrenknecht.
3. www.herrenknecht.com.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ НАГНЕТАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА ЗА ОБДЕЛКУ ТОННЕЛЕЙ МЕТРО

Абрамов А.А., Яшин В.П.
Yashin49@bk.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

В данной работе рассмотрены технологические особенности нагнетания цементного раствора за железобетонную тубинговую обделку тоннелей метро при применении щитового тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) S-755, 770 фирмы Herrenknecht [1]. Главной задачей двухкратного нагнетания цементного раствора за обделку тоннеля является исключения возможности образования пустот между обделкой и горной породой (грунтом) способствующих развитию динамических нагрузок на обделку и появлению нежелательных вибраций тоннеля при его эксплуатации. Нагнетание цементного раствора при щитовой проходке производят только за сборную (тубинговую) обделку для заполнения пустот между ней и грунтом. Технология работ, по нагнетанию раствора за сборную обделку при щитовом способе проходки в основном сходна с технологией по нагнетанию раствора за монолитную бетонную обделку при «горном» способе, но конструктивные различия этих обделок обуславливают некоторые отличия и в выполнении работ. Так же, как и при монолитной обделке, нагнетание раствора за сборную обделку проводят, как правило, в два этапа: первичное нагнетание (цементно-песчаные растворы), а затем контрольное (повторное) нагнетание (цементное молоко). При возведении сборных обделок, обжатых в грунт, осуществляют только контрольное нагнетание.

Первичное нагнетание цементного раствора за обделку тоннеля производится при движении щита в зазор между обделкой и горной породой за юбку щита. Длина оболочки щита позволяет разместить два кольца обделки. Технологический зазор образуется из-за разницы диаметров ротора щита (6,28м) и обделки (6,00 м). Первичное нагнетание производят за сборную обделку тоннеля в большинстве случаев цементно-песчаным раствором. Состав раствора устанавливают в соответствии с материалом обделки и гидрогеологическими условиями. Так, для нагнетания за чугунную обделку рекомендуется состав цементно-песчаного раствора 1:3, а за сборную железобетонную – 1:2.



Рис. 1. Первичное нагнетание цементно-песчаным раствором за обделку тоннеля

Для повышения водонепроницаемости цементного камня, уменьшения усадки при твердении, а также для улучшения технологических свойств раствора в нагнетаемые растворы вводят различные химические добавки, которые обеспечивают эти требования. Процесс нагнетания должен осуществляться непрерывно до полного заполнения пустот. Растворы для нагнетания приготавливают непосредственно на месте работ в растворомешалках, производительность которых должна обеспечивать бесперебойную работу насосов, подающих раствор за обделку (типа С-263, С-317 или С-8685) [3]. Работы ведут с инвентарных тележек, входящих в состав щитовых комплексов. Эти тележки оснащены растворомешалками, растворонасосами и оборудованием для подъема контейнеров или вагонов с сухой смесью. Растворовод присоединяют к обделке с помощью инжектора. Инжектор, для нагнетания за чугунную тубинговую обделку, выполнен в виде короткой трубы, на конце которой по внешней поверхности нанесена резьба, соответствующая резьбе отверстия в тубинге для нагнетания. Инжектор, присоединяют к обделке ввинчивая его в это отверстие. Нагнетание производят снизу-вверх по кольцу во все отверстия в спинках тубингов или блоков по обе стороны тоннеля. При этом в тубинговое кольцо (со связями растяжения) нагнетание ведут поочередно слева и справа от оси обделки, а в кольцо сборной блочной обделки (без связей растяжения) – двумя инжекторами одновременно в симметрично расположенные отверстия. Раствор в каждое отверстие нагнетают до тех пор, пока он не дойдет до уровня отверстий, расположенных выше. Тогда инжектор переставляют в следующее по направлению к своду отверстие и т.д. вплоть до замковой части свода. Отверстие после снятия инжектора закрывают специальной пластиковой или деревянной пробкой.

Контрольное (или повторное) нагнетание производят водоцементным раствором. Целью контрольного нагнетания, которое проводят под повышенным давлением, является заполнение пустот и трещин, оставшихся после первичного нагнетания, и обеспечение совместной работы системы «обделка—порода». Работы по контрольному нагнетанию ведут со специальной тележки, расположенной за пределами щитового комплекса. Раствор приготавливают на месте работ в растворомешалках и не позднее, чем за 30 мин нагнетают за обделку тоннеля насосами типов С-263, С-317. В обводненных грунтах контрольное нагнетание за обделку из сборного железобетона производят после чеканки швов и отверстий для первичного нагнетания, а также после гидроизоляции болтовых отверстий и отверстий для установки шпилек в ребрах блоков. За чугунную обделку контрольное нагнетание производят до чеканки швов. Контрольное нагнетание раствора за обделку производят снизу-вверх через все пробочные отверстия, переставляя сопло после того, как прекратится поглощение раствора при предельном давлении. Предельное давление нагнетания за чугунные обделки не должно превышать 1 МПа (10 кгс/см²), за сборные железобетонные обделки эту величину определяют расчетом, учитывая возможность смещения блоков и трещиностойкость материала [2]. Цемент для нагнетания выбирают с учетом агрессивности подземных вод марки — 400—500. В качестве добавок при нагнетании за необходимую монолитную обделку служат термополимер, мылонафт, бентонитовая глина или хлористый кальций. В случае обводненных обделок применяют разные добавки: при первичном нагнетании — алюминат натрия, хлористый кальций, хризотилковый асбест, при контрольном нагнетании — хлористый кальций, смолу МФ-17 или фуриловый спирт с соответствующими отвердителями.

Список использованной литературы.

1. Техрегламент на проходку ТПМК Herrenknecht.
2. Правила производства и приемки работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку. ВСН 132-92. М. 1993.
3. www.herrenknecht.com.

К ВОПРОСУ УКРЕПЛЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ КАСКАДА ПРУДОВ ВДНХ В Г. МОСКВЕ

Григорьев Е.Ю., Чернов А.Н.
yashin49@bk.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

На территории ВДНХ весной 2018 года планируется открытие ландшафтного парка. Он охватит участки рядом с Каменскими прудами. На берегах Каменских прудов будут организованы новые места отдыха для москвичей и гостей столицы. Это пляж с сиденьями и навесом, акватический сад на понтонах, зеленый лабиринт площадью более 1000 кв.м., подвесные аллеи. Для того чтобы все это построить необходимо произвести надежное, качественное и аккуратное укрепление береговой линии. Поскольку в дальнейшем на прилегающей к прудам территории планируется размещение технических сооружений и проведение массовых мероприятий.

В работе рассматриваются вопросы выбора способа укрепления береговой линии с помощью шпунтового ограждения или гидроструйной цементации (струйная геотехнология).

Струйная геотехнология – это подземный размыв грунта горизонтальными струями водно-цементного раствора из заранее пробуренных скважин с образованием грунтоцементных свай заданной формы и размеров при синхронном перемешивании грунта с твердеющим раствором [2]. По сравнению с традиционными технологиями инъекционного укрепления грунтов, струйная цементация, позволяет укреплять практически весь диапазон грунтов – от гравийных отложений до мелкодисперсных глин и илов.

К недостаткам данной технологии следует отнести, в первую очередь, сложность контроля качества формы получаемого закрепленного массива и необходимость применения мощного высоконапорного оборудования с давлением нагнетания от 40 МПа.

Шпунтовое ограждение с использованием шпунта Ларсена представляющего собой корытообразную конструкцию, изготовленную из листовой углеродистой и низколегированной стали толщиной до 7,5 мм и шириной до 600 мм. Образующих монолитную стену путем соединения отдельных шпунтов с помощью замков оригинальной конструкции. На заводах шпунт изготавливают длиной от 8 до 22 м. Ограждения из металлического шпунта применяют при глубине погружения в грунт более 6 м.

Глубина погружения шпунта в грунт определяется из условий устойчивости шпунтовой стенки против ее опрокидывания и устойчивости грунта против выпора в котлован при осушении прудов для реконструкции. Во всех случаях величина погружения шпунта ниже дна водоема (котлована) должна быть не менее 1 м в связных, крупнопесчаных и гравелистых грунтах и не менее 2 м в мелкопесчаных и пльвунных грунтах. Верх шпунтового ограждения должен быть на 0,2-0,4 м выше уровня грунтовых вод и не менее, чем на 0,7 м выше рабочего уровня воды в водоеме [1]. Шпунт заглубляется в грунт либо с помощью анкерных грузов гидравлических установок при расположении шпунта в зажиме установки. Либо под действием вибронасадки.

Одним из главных преимуществ использования шпунта Ларсена является возможность производства работы в грунтах с высокой водонасыщенностью и в слабых песчаных грунтах. Использование данного метода обеспечивает высокую скорость монтажа, возможность применения вблизи стоящих сооружений за счет небольшого уровня вибрации и шумового фона.

Технико-экономический анализ рассмотренных технологий показал следующее. Сумма основных затрат (оборудование, энергия, заработная плата), на проведение

берегоукрепительных мероприятий с использованием струйной цементации, составит около 200 млн.рублей, а при использовании шпунта Ларсена аналогичные затраты составят порядка 100 млн.рублей.Рассматривая вопросы сроков строительства и технических параметров применяемых технологий, необходимо отметить следующее: - при использовании шпунта Ларсена, стена в грунте формируется в готовом состоянии, стоит лишь произвести необходимые операции по вводу шпунта в грунт; - при сооружении стены в грунте с применением гидроструйной цементации, сроки окончания работ увеличиваются за счет того, что время набора прочности грунтоцементной сваи, даже при использовании ускорителей схватывания, составляет 14 суток, а без них – 28 суток. К тому же, прочностные характеристики грунтоцементной стены при ее эксплуатации, будут снижаться из-за возможного размыва грунтоцемента в водонасыщенной среде береговой линии каскада прудов.

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать вывод о нецелесообразности применения гидроструйной цементации, а рекомендовать для укрепления берегов каскада прудов ландшафтного парка ВДНХ в городе Москве, шпунтовое ограждение с использованием шпунта Ларсена. Для установки шпунтов Ларсена и сохранения растительности по берегам прудов рекомендуем применить экскаватор-амфибия Doosan DX225LCA-SLR (рис.1). Понтонно-гусеничный экскаватор способен, как передвигаться по слабым грунтам, так и плыть по воде. Его база – это поворотная платформа общестроительного одноковшового экскаватора. Гидросистема поворотной платформы экскаватора, может несколько отличаться от стандартной, но главные отличия, это шасси – понтонно-гусеничный движитель.



Рис. 1. Экскаватор-амфибия Doosan DX225LCA-SLR на установке шпунтов Ларсена.

Для установки шпунта Ларсена по периметру прудов необходимо использовать в качестве навесного оборудования вибропогружатели типа Daedong DPD 600t или Impulse VP350R.

Список использованной литературы

1. Даревский В.Э. «Проектирование сооружений, обеспечивающих устойчивость грунтовых массивов». Учебное пособие, 2011.
2. Бройд И.И. «Струйная геотехнология». Учебное пособие. Изд-во АСВ, 2004г.
3. Материалы, предоставленные в интернет ресурсах от строительной компании Menard - <http://www.menard-russia.ru/>

ОПЫТ ОДНОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ОФИСНОГО ЗДАНИЯ И ПОДЗЕМНОЙ ПАРКОВКИ В УСЛОВИЯХ Г. МОСКВЫ

Владимиров Е.Ю., Зубов А.М., Чубаров В.В.
yashin49@bk.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Предлагается рассмотреть проект сооружения офисного центра с подземной парковкой в условиях плотной городской застройки г. Москвы. Сооружения включает восьмьюэтажное сооружение с 5 надземными этажами офисного центра и 3 ярусами подземной автостоянки.

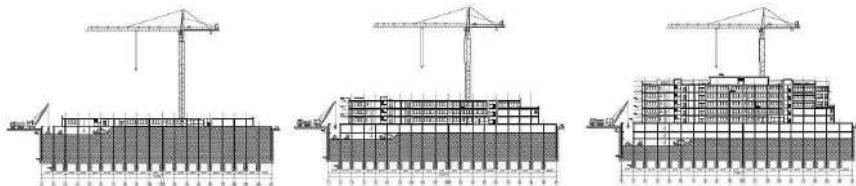
Строительство глубоких котлованов в мягких, рыхлых, неустойчивых грунтах широко применяются в Москве. Для этого по периметру котлована возводится ограждающее сооружение одним из методов «стена в грунте», например способом возведения монолитной железобетонной конструкции. Известно, что после извлечения грунта стены котлована испытывают значительные боковые нагрузки. Для их укрепления, либо бурятся в стенках скважины и устанавливают в них анкеры, либо устанавливают распорки, которые значительно ограничивают рабочее пространство в котловане. Главное в применяемых технологиях, в начале, сооружаем котлован, а затем строим здание.

При новой для Москвы технологии одновременного строительства офисного здания и сооружения подземной парковки, организация работ будет следующая: одновременно с возведением «стены в грунте» по всей поверхности будущего котлована бурятся скважины большого диаметра, их обсаживают трубами и бетонируют. При строительстве здания и сооружении подземной парковки они будут служить опорными (несущими) колоннами. Далее по всему периметру здания по сооруженной «стене в грунте» заливают оголовок, который вместе со стеной в грунте является фундаментом строящегося здания. Следующие работы по возведению здания и сооружению парковки ведутся одновременно: возводятся стены здания и выбирается грунт из котлована для сооружения яруса парковки.

Разработка грунта на –1 этаже.

Разработка грунта на –2 этаже.

Разработка грунта на –3 этаже.



Но, первоначально, на нулевой отметке здания, на специально подготовленной горизонтальной поверхности заливают безопалубочным способом железобетонное перекрытие будущей парковки. Эта плита с помощью специальных хомутов крепится к сооруженным ранее колоннам и стенам ограждения котлована. В плите оставляется технологическое окно размером 4,5х7м для последующей выемки грунта и бетонирования перекрытий нижних ярусов парковки. Высота каждого сооружаемого яруса парковки составляет от 3 до 4 метров. В данном случае перекрытия подземной парковки являются несущими и служат распорками для стен котлована (фундамента офисного здания).

Список использованной литературы

1. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов
Российская академия архитектуры и строительных наук, 2004.
2. Интернет ресурс: yaros.by/library/professionalnaya...sverhu-vniz.html

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ НЕГАБАРИТА ГОРНЫХ ПОРОД И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

¹ Березин И.Г., ² Брагин П.А., ³ Маслов И.Ю., ⁴ Иляхин С.В.

¹buheirf94@mail.ru, ООО «РегионСтройМонтаж», г.Сочи, Россия

²pavelbragin83@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

³igme.ru@hotmail.com, ООО «Глобал Майнинг Эксплозив – Раша», Москва, Россия

⁴isv11@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

В настоящее время, для разрушения негабаритных кусков горных пород и неметаллических строительных конструкций – природных и техногенных объектов – широкое распространение получили различного рода и состава газогенераторы давления, размещаемые в шпурах, пробуренных в массив разрушаемого объекта [1-4]. При этом, газогенераторы разрушают объект только при условии прочной забойки шпура: так как принцип их работы основан на воздействии высокого давления газообразных продуктов химической реакции, образующихся при сгорании газогенерирующего состава, на стенки полости части шпура занимаемой газогенератором и локализованной прочным забоечным материалом. В качестве забоечного материала используют глиняно-песчаные смеси или водорастворимые самоотверждаемые составы (типа «алебастр» - строительный гипс), или полимерные самоотверждаемые составы (типа Darwi Light (Бельгия). Причем, требования к забойке чрезвычайно высокие: так как скорость сгорания газогенерирующего состава незначительна (менее 1 м/с), забойка должна длительное время (до 1 сек.) удерживать давление газообразных продуктов сгорания газогенерирующего состава в рабочей полости шпура, до начала зарождения и развития трещины в разрушаемом объекте. Независимо по каким методикам определять радиусы опасных зон при использовании газогенераторов на дроблении горных пород и неметаллических строительных конструкций. Авторы в своей практике столкнулись с указанными вопросами при использовании газогенераторов «ЭНАМАТ» [5] собственного производства.

Указанных недостатков лишены устройства, работающие на термитных составах, не образующих при своем сгорании газообразных продуктов (не дающие форса пламени).

Некоторые варианты предлагаемых авторами термитных составов :

1. На основе порошков алюминия : $3 \text{KClO}_4 + 8 \text{Al} = 3 \text{KCl} + 4 \text{Al}_2\text{O}_3$

2. На основе порошков меди : $\text{KClO}_4 + 4 \text{Cu} = \text{KCl} + 4 \text{CuO}$

3. На основе порошков латуни : $\text{KClO}_4 + 2 [\text{Cu Zn}] = \text{KCl} + 2 \text{CuO} + 2 \text{ZnO}$

Перечисленные термитные составы отличаются стоимостью и выделяющейся при химической реакции теплотой.

4. Традиционный термитный состав : $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$ имеет тепловой эффект 750 ккал/кг.

Используемые при изготовлении указанного термитного состава материалы – доступны, при раздельном хранении и перевозке – безопасны; легко смешиваются в заданной пропорции ($\text{KClO}_4 : \text{Al} = 100:52$, по массе) на месте, непосредственно перед применением.

Сгорание навески термита указанного состава, размещенной в шпуре, вызывает локальный перегрев материала разрушаемого объекта, вследствие чего в объеме материала разрушаемого объекта образуется квазистатическая волна механических напряжений, вызванная разностью плотностей нагретого и холодного материала разрушаемого объекта: происходит так называемый «тепловой удар», который вызывает растрескивание материала разрушаемого объекта, без разлета его кусков. Разлет кусков отсутствует по причине отсутствия газообразных продуктов при сгорании термитного

состава. Применение забойки незаряжаемой части шнура обусловлено лишь необходимостью локализации разлета прореагировавшего термитного состава; при этом, забойка может быть выполнена сухим отсевом бурового шлама.

Размещение патрона воспламенителем вниз – обеспечивает более плотный контакт электровоспламенителя с навеской термитного состава. В качестве теплопроводящей засыпки может быть использована алюминиевая пудра, которая также будет выполнять функцию геттера (газопоглотителя) уменьшая разлет прореагировавшего термитного состава.

Известно решение [5], где в смесь перхлората калия и алюминиевого порошка добавлен дисульфид молибдена как вещество, снижающее трение между кристаллами перхлората калия и частицами алюминиевого порошка – что повышает безопасность обращения с таким составом. Однако, авторами не учтен известный эффект окисления дисульфида молибдена во влажной атмосфере окружающей среды с образованием абразивного оксида молибдена. Это делает смесь еще более чувствительной к трению и повышает опасность обращения с такой смесью.

Авторами усовершенствован вышеописанный состав [6] : вместо дисульфида молибдена, использован дисульфид вольфрама : который обладает аналогичными дисульфиду молибдена антифрикционными (смазывающими) свойствами и стоек во влажной атмосфере окружающей среды при температурах более + 300 С. Таким образом, устраняется главный недостаток прототипа : повышение чувствительности к внешним механическим воздействиям термитного состава при его длительном хранении.

Известен [7] эффект значительного снижения пределов прочности стальных конструкций при их нагревании. Например, сталь марки 12Х18Н10Т имеет при 20 С предел прочности [σ] = 620 МПа, а при 1200 С – только 26 МПа. Этим фактом объясняется обрушение самонесущих стальных конструкций при пожарах. Следовательно, воздействуя термитными составами на детали самонесущих стальных конструкций, также можно достигать их разрушения (самообрушения). Например, резать металлические листы не прибегая к газовой резке: накладыванием шнуров из термитного материала по контуру требуемого раскроя. Это особо актуально для высоколегированных сталей типа вышеуказанной 12Х18Н10Т, которые не поддаются газовой резке, и режутся исключительно электродуговым способом.

Применение термитных составов для разрушения негабаритных кусков горных пород и неметаллических строительных конструкций способом «теплового удара» – весьма перспективно, ввиду возможности их применения в стесненных условиях, когда недопустимы возникновение ударных воздушных волн и разлет кусков разрушаемого объекта.

Указанный термитный состав и способ его безопасного применения - запатентованы. Сохранение его изделия (картриджи) реализуются под охраняемыми товарными знаками «ТЕРМОКЛИН» и «ТЕРМОЛОМ».

Литература:

1. Патент на изобретение RU 2152376, C06B 29/08, опубликовано 10.07.2000г. Роспатент.
2. Патент на изобретение RU 2498064, E21C 37/12, F42D3/04, F42B3/04, опубликовано 10.11.2013г. Роспатент.
3. Газогенераторы НОНЕКС (Итали) : <http://www.tecnocomt.it/ita/demolizioni/nonex.php> (ссылка активна по состоянию на 06.IX.2017.).
4. Тактические деструкторы MREL (Канада) <http://store.mrel.com/index.php/tactical-disrupters/> (ссылка активна по состоянию на 06.IX.2017.).
5. Патент на изобретение RU 2018506, C06B 33/06, опубликовано 30.08.1994г. Роспатент.
6. Заявка на изобретение RU 2017146202 от 27.12.2017г.
7. Марочник сталей и сплавов/В.Г.Сорокин, А.В.Волосникова, С.А.Вятник и др., М.:Машиностроение, 1989. – 640 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ АММИАЧНЫХ СЕЛИТР РАЗЛИЧНЫХ МАРОК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ

¹Брагин П.А., ²Маслов И.Ю., ³Иляхин С.В.

^{1,2} pavelbragin83@mail.ru, ООО «Глобал Майнинг Эксплозив - Раша», Москва, Россия

³ isv11@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Удельный расход взрывчатых веществ (ВВ) на объектах ведения взрывных работ является основным параметром, величина которого влияет на гранулометрический состав взорванной горной массы, выход негабарита, переизмельчение горных пород, и, в свою очередь технологических, таких как производительность экскаватора и автотранспорта.

Известно, что на детонационные параметры гранулитов (АС-ДТ) зависят от многих показателей: влажности гранул аммиачной селитры (АС), насыпной плотности и плотности заряжания, крупности гранул (частиц) АС, качества смешения с жидким топливом, способности гранул (частиц) АС удерживать необходимое количество жидкого топлива, качество самого жидкого топлива и др.

Выпускаемые в настоящее время различными предприятиями пористые сорта аммиачной селитры (ПАС) по целому ряду технических показателей имеют близкие значения (гранулометрический состав, насыпная плотность, прочность гранул). Пористость современных сортов ПАС вполне допускает изготовление гранулитов в стехиометрическом соотношении АС-ДТ, стабильных в процессе хранения. Однако, как показали полигонные испытания гранулитов на основе ПАС разных производителей, получаемые гранулиты АС-ДТ имеют различные детонационные параметры, важнейшим из которых является фиксируемая в полигонных условиях скорость детонации.

В [1] экспериментально доказано, что для объективной оценки качества изготавливаемых промышленных ВВ на местах их применения, применим метод экспресс-оценки полноты тепловыделения при взрыве ВВ. Значение теплоты взрыва применяемых ВВ весьма важно и используются в современных методиках расчета параметров БВР [2].

Сравнительный анализ эффективности гранулитов проведен на основе пяти образцов ПАС российских производителей, в условиях объекта открытых горных работ Олонь-Шибирского месторождения АО «Разрез Тугнуйский».

С применением разработанной методики [1], получены экспериментальные значения скорости детонации гранулитов при фактической плотности и соответствующие им расчетные значения коэффициентов политропы (приведены в таблице 1), на их основе рассчитана полнота тепловыделения при взрыве заряда, соответствующего гранулита. Скорость детонации измерялась для определения коэффициента политропы при переходе ударной волны в воду. Для каждого Гранулита, изготовленного на основе одного из пяти образцов ПАС, экспериментально определена относительная теплота взрыва (как часть известной расчетной химической теплоты взрыва, полученной по уравнению реакции разложения гранулита).

Полноту тепловыделения между сравниваемыми гранулитами определяли отношением удельной теплоты взрыва гранулита на основе АС, одного из образцов к удельной теплоте взрыва гранулита с максимальным его значением расчетной теплоты взрыва гранулита:

$$\eta = Q_{ВВ}/Q_{эт}$$

где $Q_{ВВ}$ – теплота взрыва сравниваемых гранулитов на основе одного из пяти образцов АС, ккал/кг,

$Q_{эт}$. теплота взрыва гранулита, выбранного за эталон из одного из пяти образцов (с большим показателем теплоты взрыва), ккал/кг.

Таблица 1. Экспериментальные значения взрывчатых свойств гранулитов.

№ п.п.	Гранулит на основе:	Скорость детонации, м/с	Коэф. политропы	Плотность, кг/м ³	Полнота тепловыделения
1	ПАС образца №1	3325	2,47	801	1,00
2	ПАС образца №2	2727,9	2,28	761	0,94
3	ПАС образца №3	2834,3	2,33	780	0,94
4	ПАС образца №4	3285,2	2,48	803	0,98
5	ПАС образца №5	3170,7	2,39	780	0,99

На основе анализа данных таблицы 1, получены значения рациональных удельных расходов гранулитов (на ПАС различных производителей) - для разрабатываемых пород Олонь-Шибирского месторождения АО «Разрез Тугнуйский» и представим в таблице 2.

Таблица 2. Расчетные значения рационального удельного расхода гранулитов АС-ДТ (на ПАС различных производителей) для разрабатываемых пород Олонь-Шибирского месторождения АО «Разрез Тугнуйский».

№ п.п.	Гранулит на основе:	Рациональный удельный расход, кг/м ³		
		Легковзрываемые породы песчаники и алевролиты на глинистом цементе с густой сетью трещин.	Средневзрываемые породы аргиллиты, алевролиты и песчаники глинисто-карбонатном цементе, со слабовыраженной трещиноватостью	Трудновзрываемые породы алевролиты и песчаники мелкозернистые на карбонатном и кремнистом цементах, крупноблочные
1	ПАС образца №1	0,37	0,76	1,13
2	ПАС образца №2	0,40	0,81	1,21
3	ПАС образца №3	0,39	0,80	1,20
4	ПАС образца №4	0,38	0,78	1,16
5	ПАС образца №5	0,37	0,76	1,14

На основе термодинамических характеристик, испытанных Гранулитов (АС-ДТ) изготовленных из пяти образцов ПАС, получены рациональные значения удельного расхода ВВ для каждого из них – в зависимости от свойств (взрываемости) горных пород Олонь-Шибирского месторождения, разрабатываемого АО «Разрез Тугнуйский».

Литература:

1. Брагин П.А., Горинов С.А., Маслов И.Ю. Оперативные методы оценки полноты тепловыделения при взрыве промышленных ВВ местного производства. Отдельные статьи: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. - №9 (специальный выпуск 35) – 32 с. – М.: Издательство «Горная книга».

2. Кутузов Б.Н., Белин В.А. Проектирование и организация взрывных работ. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. – 416 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАРЯЖАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СКВАЖИН ЭМУЛЬСИОННЫМИ ВВ

¹Маслов И.Ю., ² Брагин П.А., ³ Иляхин С.В.

¹igme.ru@hotmail.com, , ООО «Глобал Майнинг Эксплозив – Раша», Москва, Россия

²pavelbragin83@mail.ru, , МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

³isv11@mail.ru, , МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

В мировой практике взрывных работ в подземных выработках, широко используются эмульсионные взрывчатые вещества. Однако, полностью механизированное изготовление, на месте применения, в процессе заряжания восстающих взрывных скважин, горизонтальных и наклонных шпуров предохранительным (III-го класса) эмульсионным ВВ в условиях подземных горных выработок – АК «АЛРОСА» применяется впервые в мировой практике.

«НПГМ-ПР» - промышленное эмульсионное взрывчатое вещество (ПЭВВ) III (третьего) класса (по условиям применения, согласно п.256 и Приложения №3 Федеральных Норм и Правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах»).

Задача придания ЭВВ «НПГМ-ПР» предохранительных свойств III класса решена введением в состав ЭВВ кристаллического хлорида аммония (NH_4Cl) крупностью кристаллов 0,1–0,3 мм (порошок), в количестве 10...15% масс. по отношению к эмульсии. Проведенные испытания показали эффективность указанной добавки и вводимого в ее состав количества.

ПЭВВ «НПГМ-ПР» изготавливается на местах применения в процессе заряжания шпуров и скважин смесительно-зарядной машиной при производстве взрывных работ на земной поверхности и в подземных выработках опасных по газу (до III класса предохранительности включительно), по породам и рудам с содержанием сульфидов до 35% масс (ограничение по химической стабильности аммиачно-селитренного ЭВВ в контакте с сульфидосодержащими породами и рудами).

ПЭВВ «НПГМ-ПР» предназначено для отбойки сухих и обводненных горных пород с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодяконова до 18, методом шпуровых и скважинных зарядов (в том числе восстающих шпуров и скважин) в температурном диапазоне окружающей среды от +2 °С до +26 °С.

В соответствии с настоящими техническими условиями, изготавливаются два типа «НПГМ-ПР»:

- «НПГМ-ПР» **тип «Н»** (по ТУ 7276-004-37945333-2016) – где эмульсия изготовлена с применением натриевой селитры ;
- «НПГМ-ПР» **тип «К»** (по ТУ 7276-004-37945333-2016) – где эмульсия изготовлена с применением кальциевой селитры.

Для изготовления «НПГМ-ПР» должны применяться следующие полуфабрикаты и сырье, эссенция «ПР» типов «Н» и «К», газогенерирующая добавка «ГГД»

Допуск в производство вышеуказанных материалов должен осуществляться в соответствии с требованиями «Регламента технологического процесса изготовления «НПГМ-ПР» в смесительно-зарядных машинах МСЗП-4-011».

Авторами разработан технологический процесс, состоящий из следующих стадий:

- Изготовление в мобильной модульной технологической линии «ММТЛ-500-2» растворов селитр (ГРО), топливной смеси (ТС) с последующим изготовлением из них эмульсии и эссенции. Отдельное изготовление раствора газогенерирующей добавки ГГД. Подготовка лубрикационного водяного раствора для промывки трубопроводов СЗМ после окончания зарядки.

- Заправка, на «ММТЛ-500-2», Сменных Кассет Доставщика «ДНКП-4-012» компонентами ЭмВВ (эссенция, раствор ГГД, вода).
- Доставка Кассет, заполненных компонентами (эссенция, раствор ГГД, вода) от «ММТЛ» до Подземного рудника – автомобильным транспортом.
- Разгрузка и хранение заполненных компонентами Кассет на Участке хранения компонентов.
- Установка заправленных компонентами Кассет на Доставщик.
- Транспортировка заполненных компонентами Кассет к СЗМ, находящейся у места зарядания, по подземным выработкам.
- Перекачивание компонентов из Кассеты Доставщика в соответствующие баки СЗМ.
- Калибровка (настройка) дозирующих устройств СЗМ по компонентам - на соответствие компонентного состава данным табл.2 настоящей ПМ.
- Проверка калибровки путём индивидуальной проверки количества (объема, массы) каждого подаваемого компонента заданному количеству - с помощью электронной панели управления СЗМ (бортовой компьютер).
- Смешение эссенции и раствора ГГД при зарядании шпуров и скважин, контроль качества изготавливаемого «НПГМ-ПР» по показателю «плотность» через каждые 15 и 30 минут после изготовления образца.
- Удаление остатков «НПГМ-ПР» из и зарядного шланга (промывка или заполнение эссенцией).
- Выгрузка пустой Кассеты с Доставщика на Участке хранения компонентов ЭмВВ.
- Погрузка и доставка автотранспортом пустых Кассет на Стационарный пункт подготовки компонентов ЭмВВ.

Подача «НПГМ-ПР» в скважину (шпур) осуществляется посредством винтового насоса СЗМ по зарядному шлангу. Включение шланговертателя на извлечение зарядного шланга из скважины (шпура) осуществляется только после заполнения скважины (шпура) «НПГМ-ПР» на длину 0,5-1,0 м.

При этом, ЭВВ образуется только после смешения эссенции с раствором ГГД. Плотность смеси должна составить не менее $1,10 \text{ г/см}^3$, но не более $1,20 \text{ г/см}^3$. До момента смешения эссенции и раствора ГГД – эти отдельные (не смешанные) компоненты взрывобезопасны.

Управление процессом зарядки скважин (шпуров) «НПГМ-ПР» осуществляется оператором с выносного пульта или с дистанционного пульта по радиоканалу.

Количество промежуточных детонаторов (боевиков) и место их расположения в заряжаемой скважине (шпуре) определяется в Проект технического взрыва и указывается в Паспорте (корректировочном расчете) каждого конкретного заряжаемого блока (забоя) в зависимости от принятой технологии зарядания и от конструкции заряда. Для удержания формируемого заряда в восстающей взрывной скважине, применяются тканевые рукава и устройство для зарядания авторской конструкции [1,2,3,4].

Литература:

1. Брагин П.А., Маслов И.Ю., Сироткин Е.Г. Рукав для патрона ВВ. патент 154388 U₁; 05.05.2015.
2. Брагин П.А., Маслов И.Ю., Сироткин Е.Г. Рукав для патрона ВВ. патент 154389 U₁; 05.05.2015.
3. Брагин П.А., Кутузов Б.Н., Маслов И.Ю., Устройство зарядания скважин. патент 96945 U₁; 22.04.2010.
4. Брагин П.А., Кутузов Б.Н., Маслов И.Ю., Патрон ВВ. патент 96945 U₁; 22.04.2010.

ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ НЕФТИ- И ГАЗОПРОВОДОВ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА

Соловьев Д.А.¹, Иляхин С.В.²

¹denis153595@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

²isv11@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

В настоящее время прокладка нефти- и газопроводов это одна из проблем для России. Сооружение нефти- газопроводов ведут в разных климатических условиях. В 98% случаев прокладку нефтепроводов осуществляют подземным способом. Это объясняется происходящими на территории России и в других стран террористическими актами на нефтепроводах, а также необходимостью обеспечения максимальной безопасности ниток нефтепровода от несанкционированных врезок и снижением стоимости работ по сооружению продуктопроводов. Те прокладка нефтепроводов остается актуальной задачей на ближайшие годы в России. Причем, учитывая масштабы производства работ, снижение стоимости сооружения нефти- и газопроводов скажется в дальнейшем на сроке окупаемости вложения инвестиций и их величине.

Продуктопроводы прокладывают, как правило, на глубине 5-10 м. В основном это грунты – глины, суглинки, супеси и т.д. Для физико-механических свойств грунтов характерно: что модуль деформации E имеет пределы от 1.3 до 5 кг/см², пористость от не менее 5 до 20, влажность от 300% до 1300% и более и модуль сдвига имеет пределы от 0,05 кг/см² до 0,5 кг/см².

Очень часто участки трассы нефти - и газопроводов проходят по болотам. В литературе известна отдельная классификации типов болотных грунтов. Избыточно увлажненные в течение большей части года, сложенные торфяными грунтами эти участки местности называются болотами [1]. По условиям происхождения болота классифицируются на:

- верховые, которые образуются при застое атмосферных осадков на водоразделенных участках с малыми уклонами;

-низинные, которые образуются в результате зарастания водоемов или котловинообразных впадин.

I - грунты, которые обладают достаточной прочностью в природном состоянии и при передаче на них нагрузки от насыпи могут только сжиматься, независимо от скорости передачи нагрузки;

II - грунты, не обладающие в природном состоянии достаточной прочностью, и при быстрой передаче нагрузки от насыпи они выдавливаются, а при медленной передаче - сжимаются и успевают уплотняться и упрочняться;

III - грунты, которые при передаче на них нагрузки всегда выдавливаются из-за недостаточной прочности [1].

То есть, на основании анализа выше приведенного материала следует, что при прокладке нефтепроводов, из-за большой территории нашей страны, могут встретиться на трассе различные типы грунтов. Наиболее сложными представляются слабые грунты и болота, которые требуют специальных методов обработки перед укладкой на них нефти- и газопроводов[2].

Как показывает опыт проектирования и строительства нефтепроводов, фактическая длина магистрального нефтепровода, как правило, больше длины геодезической прямой, соединяющей начальную и конечную точки трассы, так как при трассировании линии нефтепровода необходимо обходить различные препятствия это разные подземные линзы, валуны, болота и так далее или применять специальные методы прокладки нефтепроводов. При использовании специальных методов прокладки нефтепроводов повышается и технико-экономические показатели и использование вспомогательной

техники для прокладки и строительства нефтепроводов. Отклонение от прямой будет тем значительней, чем больше встречается препятствий, и чем выше стоимость их преодоления.

В настоящее время при сооружении выемки для укладки продуктопровода подземным способом применяются следующие методы: микротоннелирования, горизонтально-направленного бурения (ГНБ), продавливания, бурошнекового бурения, прокола, труба в трубу и его разновидность, с предварительным разрушением старого. Однако общим недостатком вышеприведенных методов является достаточно высокая стоимость сооружения или его невозможность, как например, при использовании метода прокола. Поэтому на кафедре горного дела был разработан метод сооружения нефтепроводов подземным способом с использованием энергии взрыва и с калибровкой полученной выемки методом продавливания или расширителем.

Обоснован выбор бурового оборудования (станки ГНБ) для бурения пилотной скважины, в которой в дальнейшем будет размещаться ВВ. Оснащение станков ГНБ системой локации позволяет с достаточной точностью осуществить проходку пионерной скважины нужного диаметра. Затем пробуренная скважина заряжается ВВ и осуществляется взрыв методом камуфлетного взрывания. После чего производится доработка полученной выемки до требуемого диаметра с использованием метода продавливания. В грунт с помощью специальных приспособлений, гидравлических домкратов, вдавливается футляр из металла (стали). Один конец трубы оснащается ножом. Данная процедура облегчает процесс вхождения в землю и уменьшает повреждения окружающей территории. После начала работ грунт входит в трубу из-за высокого давления и ее полого пространства. Потом его выводят из забоя. Всего можно выделить три этапа продавливания. Перед началом работ по доводке выемки после взрыва разрабатывается котлован, ширина которого не должна быть меньше 3,5 метра, а длина – 4 метра. Он должен быть укрепленным, иметь глубину на полметра ниже лотка трубы. Подготовка стенки для домкратов. При этом заливается специальный раствор, образуя стену, которая и будет упором для оборудования. Устанавливается силовое оборудование (домкраты с усилием, в зависимости от свойств грунта, от 100 до 500 тонн). Монтируется на почве котлована направляющие для установки наращиваемых колец будущей колонны продавливания. Устанавливается оборудование для транспортировки извлеченного грунта из бурового става и на поверхность из котлована и осуществляется проходка будущей выемки под трубопровод. Затем трубы установки продавливания извлекаются и протягивается плеть трубопровода.

Разработаны технологические схемы проходки выемки, обосновано применение взрывчатых веществ [3], изучены технологические схемы применения расширителей и другого оборудования для прокладки выемки, протягивания плети трубопровода, разработана методика расчета зарядов взрывчатых веществ (ВВ) [4], а также оборудование для бурения пилотной скважины и заряжания ВВ.

Результаты экономического исследования показали что при использовании технологии прокладки нефтепроводов в грунтах с использованием энергии взрыва стоимость прокладки снижается в 2 раза по сравнению со стандартным методом горизонтально направленного бурения (ГНБ).

Список литературы:

1. Багушевская Е.А. Способы расчета и прокладки нефтепроводов на болотах с учетом неравномерной осадки трубы. КД, Москва, 2003.
2. Кумар Б. К., Иргibaев Т.И. Сооружение и ремонт нефтепроводов. Учебное пособие. Алма-Ата: 2015.
3. Сивенков В.И., Иляхин С.В., Маслов И.Ю..Эмульсионные взрывчатые вещества и неэлектрические системы инициирования. Монография. М.: Щит-М, 2013.-320 с.
- 4.Кутузов. Б.Н., Валухин Ю.К. Проктирование взрывных работ. М.: Издательство "Недра",1974.

ИЗУЧЕНИЕ РАЗРУШЕНИЯ БЕТОННЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ НРС И ИЗМЕНЯЕМОЙ ФОРМЫ ВСТАВКИ.

Емельянов Р.В.¹, Иляхин С.В.²

¹roma885roma@mail.ru, ООО «СМУ-5 МОСМЕТРОСТРОЯ, Москва, Россия

²isv11@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Одним из известных и широко применяемых на практике химических способов разрушения горных пород является отбойка с помощью невзрывных разрушающих смесей (НРС). К преимуществам данного способа относятся: относительная беззвучность раскалывания, отсутствие сейсмического эффекта и разлёта осколков породы, экологическая безопасность и безопасность ведения работ, не требуется специальное разрешение на ведение работ.

Преимущества делают НРС конкурентоспособным с другими средствами разрушения, в первую очередь с взрывчатыми веществами, применение которых опасно или недопустимо, особенно когда речь идет о камне самоцветном и кристаллическом сырье, требования к которым предельно высокие. В результате реакции гидратации невзрывная разрушающая смесь твердеет и расширяется, создавая давление на стенки зарядных камер до 40 – 50 МПа.

На развиваемое НРС давление оказывают влияние такие факторы как температура окружающей среды, температура воды, металлическая вставка и диаметр зарядной камеры. Создаваемое смесью давление на стенки зарядной камеры вызывает напряжения по периметру и длине последней. При достижении усилий превосходящих предел прочности разрушаемого объекта на растяжение происходит его разрушение по линии наименьшего сопротивления.

Цель работы – определить влияния форма вставок на изменение давления по периметру зарядной камеры, на бетонных моделях цилиндрической формы и процесс трещинообразования.

Для проведения экспериментов были изготовлены бетонные цилиндры модели с внешними диаметрами 250 мм, внутренним диаметром 43 мм и высотой 280 мм. Для изготовления цилиндров использовался цемент марки 500 и песок с соотношением соответственно 1:3. Модели оставляют на 28 дней для набора прочности бетона, после чего приступаем к экспериментам.

Для этой цели были изготовлены металлические вставки длиной 200 мм., треугольной (равносторонний треугольник со стороной 30 мм.), прямоугольной (13×25 мм.), квадратной (18×18 мм.) и круглой (диаметр 20 мм.) формами поперечного сечения с одинаковым соотношением $S_{вс} / S_{з.к}$ равным 16 %.

В центр модели помещаем разные по форме вставки (круглую, треугольную, квадратную и прямоугольную). Для моделей были изготовлены специальные конструкции для работы (к нижней пластине приваривали шпильки с резьбой, на пластину ставиться модель между шпильками, сверху вставляем заглушку и фиксируем верхней пластиной). Затем заполняем модель рабочей смесью и прикручиваем верхнюю пластину с заглушкой. Для

приготовления рабочей смеси потребуется: весы (для взвешивания порций НРС), мерный сосуд (для дозировки воды), емкость для смешивания порошка с водой (на 1-2 литра), палочка (для перемешивания смеси), термометр (для определения температуры воды). В чистую ёмкость для смешивания выливают отмеренное количество чистой (водопроводной) воды ($t_{\text{воды}} = 20 - 22^\circ\text{C}$), а затем в воду при непрерывном перемешивании высыплют отвешенное количество порошка и продолжают перемешивать до получения массы хорошей текучести без видимых комков. При этом отношение весовых частей воды к порошку должно быть равно 1/3. Время перемешивания не должно превышать 8–10 мин. Количество смеси приготавливается из расчёта на одну модель из бетона объёма, который без учёта, помещаемых в неё вставок, равен 247 см^3 . (0.3 литра) Приготовленную смесь с помощью воронки заливают в рабочую камеру до полного заполнения объёма. Осторожным перемешиванием смеси стеклянной палочкой удаляя пузырьки воздуха, попавшие внутрь рабочей камеры.

Невзрывные разрушающие смеси формируют статическое поле напряжений 40 – 50 МДж/м³ достаточное для разрушения горных пород.

После сбора конструкции наблюдают за началом образования трещин и их распространением. Полученные наглядные результаты зарисовывают или фотографируют.

Форма вставок влияет на изменение давления по периметру зарядной камеры, что подтверждается в экспериментах на бетонных моделях цилиндрической формы. По результатам экспериментов построим график. Кривые на графике располагаются параллельно и близко друг к другу. Из графика видно, что большее давление развивается при использовании жестких вставок треугольной формы, а меньшее – круглой формы, но разница в давлениях не велика. Поэтому, логично сделать вывод о том, что форма вставки при $S_{\text{вс}}/S_{\text{з.к}} = 15 - 20\%$ сильно не влияет на развиваемое НРС давление, но может влиять на перераспределение напряжений по периметру и длине зарядной камеры.

Были проведены опыты по изучению влияния расположения вставки внутри зарядной камеры установки на развиваемое усилие. Вставка $S_{\text{вс}}/S_{\text{з.к}} = 4\%$ располагалась по центру зарядной камеры, у стенки зарядной камеры и в промежуточных положениях, но разницы в развиваемом НРС давлении обнаружено не было.

Изменяя форму металлической вставки, радиальные напряжения перераспределяются по периметру зарядной камеры (шпура), а значит можно менять направление развития трещин и степень дробления горных пород. При успешном внедрении этой технологии на производстве можно снизить выход некондиционных блоков или повысить степень дробления разрушаемых пород.

Литература:

1. Иляхин С.В. Способ направленного разрушения горных пород. А/с №1828164, 1991.
2. Христолюбов В.Д. Разработка ресурсосберегающего способа добычи минерального сырья невзрывчатыми разрушающими смесями. КД, М., 1988.
3. Волуев И.В. Энциклопедия камня. М., 2006.
4. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал № 9, сентябрь 2017 г.). DOI: 10.25018/0236-1493-2017-9-0-209-213.

НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА

Ганин И.П.

ipg59@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Математический аппарат, применяемый в традиционных методах управления, не всегда в полной мере удовлетворяет нуждам современного производства. Во многих случаях требуется осуществлять описание условий и метода решения задачи на языке, близком к естественному. При управлении техническими объектами в горном и нефтегазовом деле человеку часто свойственно оперировать не количественными, а качественными показателями, при этом эти качественные показатели носят, по сути, нечеткий характер. При управлении сложными системами, особенно в условиях неопределенности, значительную роль играют опыт и профессиональные навыки и знания человека, которые сложно преобразовать в количественные оценки.

Применение нечеткой логики позволяет имитировать действий человека-оператора или лица принимающего решения (ЛПР). При этом, даже в условиях неопределенности исходной информации может быть достигнуто приемлемое, не обязательно оптимальное, качество управления при относительно невысоком уровне стоимостных, временных, вычислительных и пр. затрачиваемых ресурсах.

Нечеткие системы реализуют так называемые нечеткие (лингвистические) алгоритмы управления реальными (физическими) объектами. Общая схема обработки нечеткой информации выглядит следующим образом. Исходные параметры, контролирующие управляемый процесс, переводятся в значения лингвистических переменных в блоке под названием «фазификатор». На следующем этапе осуществляются процедуры нечеткого вывода на множестве продукционных правил, составляющих базу знаний системы управления - в результате формируются выходные лингвистические значения, которые переводятся в точные значения результатов вычислений в блоке дефазификатора. На выходе последнего формируются управляющие воздействия, подаваемые на исполнительные механизмы. Эта концептуальная схема лежит в основе так называемых интеллектуальных систем управления.

Лингвистической называется переменная, принимающая значения из множества слов или словосочетаний некоторого естественного языка. Понятие лингвистической переменной играет важную роль в нечетком логическом выводе и в принятии решений на основе приближенных рассуждений.

Лингвистической переменной (ЛП) называется набор (β, T, X, G, M) , где

β - наименование лингвистической переменной;

T — множество ее значений (терм-множество), представляющих собой наименования нечетких переменных, областью определения каждой из которых является множество X . Множество T называется базовым *терм-множеством* лингвистической переменной;

G — синтаксическая процедура, позволяющая оперировать элементами терм-множества T , в частности, генерировать новые термы (значения). Множество $TUG(T)$, где $G(T)$ — множество сгенерированных термов, называется расширенным терм-множеством лингвистической переменной;

M — семантическая процедура, позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой G , в нечеткую переменную, т.е. сформировать соответствующее нечеткое множество.

Формируется нечеткое соответствие между пространством предпосылок и пространством заключений. Механизм нечетких выводов в своей основе имеет базу знаний, формируемую специалистами предметной области в виде совокупности нечетких предикатных правил вида:

P_1 : если x есть A_1 , тогда y есть B_1 ,

P_2 : если x есть A_2 , тогда y есть B_2 ,

....

P_n : если x есть A , тогда y есть B_n .

где x — входная переменная (имя для известных значений данных), y — переменная вывода (имя для значения данных, которое будет вычислено); A и B — функции принадлежности, определенные соответственно на x и y .

При проектировании нечеткого управления наиболее трудоемким, плохо формализуемым, этапом является задание набора нечетких правил. Правила могут быть нестрогими, нечеткими, противоречащими друг другу, они могут быть не только истинными или ложными, но и истинными наполовину. Другие действия: выбор формы функций принадлежности, алгоритма приведения к четкости и т.п. являются более простыми задачами.

Нечеткое управление особенно полезно, когда технологические процессы являются чересчур сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов или когда доступные источники информации интерпретируются качественно, неточно или неопределенно. В горном и нефтегазовом деле методы нечеткой логики нашли применение:

- при распознавании геологических объектов;
- управление перевозками;
- в задачах аналитического моделирования методов увеличения нефтеотдачи;
- в оценке риска отказов и аварий на магистральных нефтепроводах;
- в задачах аналитического моделирования методов увеличения нефтеотдачи.

Для нечетких экспертных и управляющих систем характерны и недостатки:

- 1) исходный набор постулируемых нечетких правил формулируется экспертом-человеком и может оказаться неполным или противоречивым;
- 2) вид и параметры функций принадлежности, описывающих входные и выходные переменные системы, выбираются субъективно и могут оказаться не вполне отражающими реальную действительность.

Заключение:

- классические методы управления хорошо работают при полностью детерминированном объекте управления и детерминированной среде. Нечеткие методы управления являются оптимальными для систем с неполной информацией и высокой сложности объекта управления;
- нечеткие системы обычно используются для выработки (автоматической) командных и управляющих воздействий на управляемые объекты, не относящиеся к категории объектов ответственного назначения;
- отличительной особенностью нечетких систем является использование правил логического вывода, заложенных в них человеком.
- серьёзным недостатком нечетких систем управления является невозможность предсказания поведения системы на несколько шагов вперед, так как существующий математический аппарат нечеткой логики позволяет строить правила управления, которые необходимо предпринять в текущей ситуации.

Литература

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. -167 с.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. - М.: Радио и связь, 1982. - 432 с.
3. Прикладные нечеткие системы/Асаи К., Ватада Д., Иваи С. и др./Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. - М.: Мир, 1993. - 368 с.
4. Штобва С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.
5. Люгер Дж.Ф Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – 4-е изд. пер. с англ. – М.: Издательский дом Вильямс, 2003. – 864 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ПРИ ПРОХОДКЕ МИКРОТОННЕЛЕЙ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Мукайдех А.Р.¹, Иляхин С.В.²

¹buheirf94@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

²isv11@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

Метод **микротоннелирования**, применяется совсем недолго, но уже нашел повсеместное распространение и обозначил свою необходимость. Это отличный способ проходки выработок в местах плотной застройки, так как он проходит бестраншейным методом, что позволяет не нарушать массив, который располагается над выработкой.

Метод нашел широкое применение во всех крупных городах и тем самым подчеркнул свою актуальность. В настоящее время невозможно обойтись другим способом проходки. Однако все чаще при прокладке микротоннелей на пути выработки, встречаются неоднородные массивы, препятствующие дальнейшему ходу работ на этом участке.

Изучение теории и практики проведения подземных горных выработок, с применением механизированных тоннелепроходческих комплексов, малого сечения показывает, что на сегодняшний день большинство геологоразведочных, эксплуатационных и инженерных горных выработок различного назначения проходят на глубинах от 5 до 80 метров. Горногеологические условия проходки на этих глубинах особенно сложны в северо-западной и центральной частях территории России. Это обусловлено: распространением здесь, главным образом, рыхлых грунтов, обладающих либо неустойчивой консистенцией и значительной деформируемостью под нагрузкой, слабой водостойкостью и просадочностью, пльвинными свойствами, неглубоким залеганием подземных вод и значительной водообильностью пород, осложняющими производство земляных работ, водопритоками, ухудшающими механические свойства грунтов, широким развитием геологических процессов, оказывающих вредное влияние на устойчивость сооружений.

Если на трассе проходимой горной выработки встречается неоднородность в виде слабых грунтов неспособной выдерживать механические нагрузки от веса гонепроходческого оборудования необходимо использование специальных способов укрепления массива пород. Известные на сегодняшний день специальные способы укрепления слабых пород, в полной мере неспособны обеспечить необходимой и долговечной прочностью массива. В связи с этим, применительно к проходке подземных горных выработок в слабых грунтах с использованием тоннелепроходческих микрощитов предлагается использовать разработанную нами технологию проходки неоднородностей [1], включающую создание поддерживающей конструкции [2], выполненной из свай [3].

В массиве слабых пород, на поддерживающую конструкцию будут действовать вертикальные и горизонтальные нагрузки, стремящиеся её сместить, поэтому сваи должны выдерживать оказываемые на них нагрузки. Установка поддерживающей конструкции из свай в массиве слабых грунтов требует для них обеспечения необходимой устойчивости для чего при установке их необходимо заглублять в более прочные нижележащие (подстилающие) коренные породы. Глубину погружения свай в нижележащие породы определяют из условия, при котором будет обеспечиваться их устойчивость при действии оказываемых на них нагрузок. Помимо этого сами сваи должны обладать достаточной прочностью и выдерживать передаваемые им нагрузки.

Была выполнена теоретическая оценка устойчивости свай в грунтах на боковую и горизонтальную нагрузки. Помимо этого на Загорском полигоне были проведены лабораторные и полигонные исследования по определению оптимальных параметров поддерживающей конструкции.

В результате проведенных экспериментов можно утверждать, что полученные нами данные не противоречат теоретическим положениям и кроме того устанавливают

оптимальную величину не заглубленной части сваи по отношению к её заглубленной, которая требует дополнительного подтверждения при проведении полигонных исследований. В случае, когда мощность неоднородности достигает значительных размеров и составляет десятки метров, обеспечение устойчивости поддерживающей конструкции требует бурения глубоких скважин и установки длинных свай, что влечет за собой решение ряда дополнительных задач связанных с необходимостью увеличения прочности ствола свай, точности их установки и точности бурения скважин.

Для исключения дополнительных объемов земляных работ предлагается выполнение оптимизации конструктивных параметров свай, которые способны увеличить их несущую способность с одновременным уменьшением объема буровых работ. Изучив наиболее распространенные методы увеличения несущей способности свай и приспособив их применительно к установке в массиве слабых пород был выделен ряд конструктивных изменений, которые способны повысить несущую способность поддерживающей конструкции. С целью определения влияния на устойчивость свай выбранных конструктивных изменений были произведены эксперименты по методике, описанной в предыдущем разделе. Полученные результаты позволяют оценить влияние конструктивных особенностей свай на увеличение их устойчивости.

Разработка оптимальных конструктивных и технологических параметров поддерживающей конструкции позволяет обеспечить беспрепятственную проходку по ней и сохранность возведенного тоннеля на весь срок её эксплуатации. Проведенные лабораторные исследования по изучению работы поддерживающей конструкции в массиве слабых грунтов помогли выявить необходимые конструктивные параметры и произвести оптимизацию её отдельных элементов.

Изучение и оптимизация конструкции направляющего оголовка, смонтированного на сваю, позволяет избежать сваливания тоннелепроходческого комплекса и крепи тоннеля в процессе проходки и эксплуатации поддерживающей конструкции, а значит пройти неоднородность без изменения конфигурации проектной трассы микротоннеля. Из анализа экспериментальных данных можно сделать вывод, что для исключения возможности сваливания тоннелепроходческого комплекса и крепи тоннеля с поддерживающей конструкции направляющий оголовок выполняется в виде кругового сегмента с радиусом равным внешнему радиусу тоннелепроходческого щита.

Для проведения полигонных исследований была образована выемка в грунте, сооружена модель микрощитового комплекса с обделками, в выемку устанавливались сваи с закрепленными на них, направляющими оголовками

Экспериментальным путем было определено, что из-за не совпадения проектируемой нижней оси микротоннеля и его фактической границей, по причине небольшого расхождения диаметров рабочего органа микрощита и его обделки необходимо учесть это расхождение, при заходе микрощита на тело качения на направляющем оголовке, для предотвращения завала свай.

Литература:

1. Мисюрев Н.М., Иляхин С.В. Технология проведения городских подземных горных выработок для прокладки энергетических кабелей, водо- и газопроводов диаметром до 2-х метров. Тезисы 7-ой международной конференции «Новые идеи в науках о земле». М., 2005 г., с. 32.
2. Мисюрев Н. М., Иляхин С.В. Оптимизация конструктивных параметров свай при действии на них горизонтальной и вертикальной нагрузок У1 межд. научно-практ. конф., «Наука и новейшие технол. при поисках, разведке и разр-ке месторождений п.и.», 6-9 апреля, РГГРУ, М, 2010г, с.33.
3. Мисюрев Н.М., Иляхин С.В. Технология проходки микротоннелей в сложных горно-геологических условиях с применением поддерживающей конструкции. Материалы н-пр. конф. 15-17.04.08 г «Геоэкологические и инженерно-геолог. проблемы развития городов и промышл. Компл. г. Москва», РГГРУ, М.:2008, с.115.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ МИКРОТОННЕЛЕЙ В ПЛЫВУНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВИБРАЦИИ

Усатенко Г.Ю¹, Иляхин С.В.²

¹buheirf94@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

²isv11@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

При проходке подземных горных выработок неглубокого заложения, особенно тоннелей метро и микротоннелей, проектировщики и проходчики сталкиваются с проблемой проходки неоднородностей в виде пльвунов, псевдопльвунов и водяных линз. Часто изменение трассы проходки горной выработки сопряжены с большими трудностями из-за невозможности изменения уже утвержденного варианта, поэтому необходимо применять методы обеспечивающие возможность проходки горных выработок в вышеупомянутых условиях.

Параметры динамической нагрузки оказывают определяющее влияние на степень динамической неустойчивости грунтов. С одной стороны, динамические свойства грунтов характеризуют их как среду распространения колебаний (упругие, демпфирующие, фильтрующие свойства), а с другой - это различные формы реакции грунтов на динамические нагрузки или их динамическая неустойчивость, под которой понимается увеличение деформируемости и снижение прочности грунта при динамическом нагружении по сравнению со статическими условиями.

В соответствии с характером такого чередования можно выделить периодические и непериодические динамические нагрузки.

Периодическая нагрузка характеризуется каким-либо закономерным чередованием возрастания и убывания напряжения, любое текущее значение которого повторяется через постоянный интервал времени. Непериодические нагрузки включают три основные разновидности: ударные, почти периодические и нерегулярные. Кроме того, любая динамическая нагрузка может быть как знакопеременной, так и знакопостоянной.

Под влиянием различных техногенных и природных воздействий грунт испытывает переменные нагрузки в широком диапазоне амплитудных и частотных характеристик: взрыв, машины и механизмы, дизельный транспорт, строительная техника, рельсовый транспорт, землетрясения и др.[1]. Все практически значимые для инженерной деятельности нагрузки находятся до частот 100 Гц. Источники, генерирующие колебания с частотами, близкими к собственным для большинства зданий (1...8 Гц), находятся в центральной части диаграммы. Значимые деформации грунтов возникают только в пределах зон влияния этих источников, которые существенно различаются. Амплитуда колебаний грунта может изменяться от долей миллиметра (легкий автотранспорт) до долей метра (землетрясения), а частота колебаний - от 50...200 Гц (некоторые виды транспорта) до нескольких герц и долей герца (землетрясения и волноприбойные воздействия).

По особенностям воздействия на грунты весь спектр природных и техногенных динамических нагрузок целесообразно, прежде всего, разделить на две группы - вибрационные и импульсные.

Воздействие вибрации на грунты неоднозначно. С одной стороны может произойти упрочнение, через уплотнение, грунтов, а с другой стороны - разуплотнение, как, например, при воздействии вибрации с разной частотой на пльвуны, т.е. изменяются их физико-механические свойства. Вибрационное воздействие на пльвун может быть осуществлено при помощи вибрационных машин, причем передача вибрационных колебаний грунту может быть произведена через внешнюю поверхность грунта при помощи поверхностных вибраторов или при помощи погружения вибратора непосредственно в грунт глубинными вибраторами. Для наиболее эффективного и

экономного использования вибрации грунтов при применении глубинных вибраторов важно, чтобы вибратор обладал максимально возможным радиусом действия.

Породы, наиболее подверженные разжижению, относительно молоды (голоцен), это пески и илы с частицами одинакового размера, слоем не менее метра и насыщенные водой. Такие породы часто находятся вдоль русел рек, у берегов, там, где накопился лёсс и песок. Некоторые примеры разжижения: пльвун, пльвунная глина, мутьевой поток и сейсмическое разжижение.

Пльвуны достаточно часто встречаются при проходке подземных выработок неглубокого заложения. Это и при проходке микротоннелей, автотоннелей, тоннелей метро. Различают *истинные* и *псевдо-пльвуны*.

Пльвуны часто находятся под гидростатическим давлением от 1 атмосферы (10332 кгс/м²) до 4-5 атмосфер (51661 кгс/м²), а при глубоком залегании и соответствующем напоре подземных вод известны давления, достигающие нескольких десятков атмосфер.

Притоки воды в пльвунах обычно невелики и составляют от 1 до 15 м³/час. Они медленно возрастают по мере увеличения глубины пльвуна. Бывают иногда и отступления, когда притоки воды в пльвунах доходят до 30-35 м³/час.

На основании свойств пльвучести пльвуна были разработаны способы проходки методом разжижения пльвуна, под воздействием вибрации, а затем, при проведении ряда экспериментов с частотами вибрирования пльвуна Я.И. Балабчан было открыто свойство виброуплотнения пльвуна [2].

Сущность любого из способов уплотнения грунта при помощи глубинных вибраторов заключается в погружении работающего вибратора в грунт до твердого основания или заданной границы уплотнения и медленном поднятии вибратора или его продвижении в сторону обнаженной поверхности грунта.

С учетом результатов исследований Балабчан Я..И на кафедре горного дела была разработана технология проходки пльвунов при сооружении микротоннелей. Для наиболее эффективного и экономного использования вибрации грунтов при применении глубинных вибраторов важно, чтобы вибратор обладал максимально возможным радиусом действия.

Каких-либо экспериментальных работ, определяющих эту величину практически в зависимости от технических параметров глубинного вибратора, не существует, поэтому этот вопрос можно решать только приблизительно, теоретическим путем, при введении допущений, упрощающих задачу.

Если установить на породоразрушающий инструмент (ротор) микрошита вибраторы, то под действием периодических динамических колебаний произойдет уплотнение пльвуна и его проходка не будет вызывать затруднений. При производстве такого уплотнения в одном месте на оси действия вибратора образуется уплотненный цилиндр грунта с радиусом его, равным радиусу действия вибратора. При уплотнении всей заданной площади грунта необходимо уплотнить такое количество указанных цилиндров, чтобы суммарное сечение перекрывало общую площадь уплотняемого грунта.

Для изучения воздействия вибрации на прочностные свойства горных пород на кафедре заканчивается изготовление вибростенда на котором будут отработаны конструктивные параметры устройства для проходки пльвунов при сооружении микротоннелей.

Список литературы:

- 1.Материалы III Всесоюзной Конференции 16-18 мая 1973г. «Свойства грунтов при вибрациях», изд. «ФАН», 1974г.
- 2.Балабчан Я.И. Проходка шахт в пльвунах при помощи вибрации. «Углетехиздат», М.: 1947г.

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ПОЧВУ АВТОТОННЕЛЕЙ

Волкова О.А.¹, Иляхин С.В.²

¹o.volkova@gorkapstroy.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

²isv11@mail.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия

При перемещении автотранспорта в тоннелях на основании тоннеля воздействуют нагрузки, аналогичные вибрации. А значит следует ожидать в обделке тоннеля разрушения из-за усталостной прочности железобетона. Это приведет спустя определенное время после эксплуатации к возникновению микротрещин, через которые начнет просачиваться вода с внешней стороны крепи и, как следствие, необходимости проведения дополнительных мероприятий по гидроизоляции, либо ремонту тоннеля с остановкой движения по нему. Одной из первых работ, в которой обратили внимание на влияние пульсационных нагрузок на усталостную прочность горных пород, является труд Мохначева М.П.[1]. Автор установил, что предел прочности на сжатие г.п. и растяжение под действием циклической нагрузки снижается на 40-60% (по сравнению со статической нагрузкой).

При движении автотранспорта по тоннелю возникают аналогичные нагрузки, описанные в работе [1]. Причем, величина нагрузки и частота воздействия изменяются в зависимости от времени суток, времени года и метеорологических условий. Для определения вышеуказанных параметров нами были проведены натурные измерения в автотоннелях: на Ленинском проспекте и Алабяно-Балтийском тоннеле со стороны Волоколамского шоссе (г.Москва). Фиксировалось время проезда автомобильного транспорта (количество авто за 1; 5; 10; 20; 40; 60 минут, а также общее количество транспорта. Автомобили по нагрузке подразделялись – до 600 кг (легковые автомобили), 1,5-5т. (средние), 10-16т.(грузовые), больше 16т.(большегрузные).

Исходя из анализа данных полученных результатов можно сделать вывод, что в минуту проезд автомобильного транспорта на самом загруженном участке в утренний период (тоннель на Ленинском проспекте) составляет 135 машин (при заезде в центр). Процентное неблагоприятное деформационное воздействие одной единицы легкового автомобиля составляет 0,001%, у дизельного транспорта 0,01%, а у тяжелого грузового транспорта 0,5%. Частоты, которые образуются при передаче от двигателя через ходовую часть легковых и дизельных автомобилей на поверхность выработки, составляют примерно 60-80Hz, а у тяжелого транспорта 50-70Hz.

Примерное деформационное воздействие легкового автомобильного транспорта на почву автотоннеля составляет около 0,09%, у дизельного транспорта 0,25%, у тяжелого транспорта 7,5%, а если суммировать их неблагоприятное воздействие, то общая сумма составит 7,84%.

Однако, это соотношение отображает движения транспорта только в одну сторону, при заезде в центр. Если удвоить, тогда величина неблагоприятного воздействия составит уже 16%.

Анализ полученных данных в результате наблюдений по перемещению автотранспорта в Алабяно-Балтийском тоннеле и тоннеле на Ленинском проспекте позволяет сделать заключение о том, что почва тоннелей подвергается вибрационным нагрузкам. А значит в массиве обделки возможно ослабление прочности в результате накопления усталости или микротрещин, которые через определенный промежуток времени могут вызвать разрушение железобетонной конструкции.

Исходя из анализа полученных данных можно подтвердить факт деформационного воздействия вибрации, передаваемой ходовой частью автомобильного транспорта на почву тоннеля. В основном, эти неблагоприятные эксплуатационные условия создают тяжелые грузовые автомобили. Если посмотреть по данным Алабяно-Балтийского тоннеля, то можно прийти к выводу, что там деформационное воздействие минимальное, не более 2% в минуту, вследствие очень редкого появления тяжелого грузового транспорта в окрестностях выработки. Поэтому и влияние усталостной прочности на железобетонную обделку Алабяно-Балтийского автотоннеля буде почти в 4 раза меньше (чем на Ленинском проспекте), а значит и межремонтный срок увеличится примерно на такую же величину.

Знание пульсирующего воздействия автотранспорта на обделку автотоннелей, с учетом частоты перемещения транспорта и амплитуды, зависящей от типа автомобилей, можно спрогнозировать места интенсивного разрушения дорожного полотна в тоннеле, а также предложить способы для уменьшения негативного воздействия перемещающегося автотранспорта на прочность обделки тоннеля.

Список литературы:

1. М.П. Мохначев, «Усталость горных пород». Наука», М.: 1979.
2. Е.К. Борисов, С.Г. Алимов, А.Г. Усов Л.Г. Лысак, Т.В. Крылова, Е.А. Степанова. Экспериментальная динамика сооружений. Мониторинг транспортной вибрации. КамчатГТУ, Петропавловск-Камчатский: 2007.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 тома

S-I

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, СТРАТИГРАФИИ, ТЕКТониКИ И ГЕОДИНАМИКИ

Аль-Гурейри Ахмад С. Ясин, Дьяконов В.В., Наравас А.К. МОРФОТЕКТОНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПУСТЫНЬ ИРАКА	8
Бадьянова Л. В. ВЫЯСНЕНИЕ ГЕНЕЗИСА НЕКОТОРЫХ АССОЦИАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ ФЛОГОПИТА, ГУМИТА, АМФИБОЛОВ И АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ КОВДОРСКОГО ЖЕЛЕЗНОГО РУДНИКА	10
Балуев А.С., Терехов Е.Н., Морозов Ю.А. МАССИВЫ ДЕЗИНТЕГРИРОВАННЫХ ГРАНИТОИДОВ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КРАТОНА И ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	12
Барсболд Р. КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ МЕЛ И ДИНОЗАВРЫ МОНГОЛИИ	14
Вишневская В.С., Митта В.В. СОВМЕСТНЫЕ НАХОДКИ КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРДСКИХ И КИМЕРИДЖСКИХ РАДИОЛЯРИЙ И АММОНИТОВ НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЕ	16
Гайдаленок О.В., Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Маринин А.В., Соколов С.А. О ДИФFUЗНОСТИ ГРАНИЦЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА И КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	18
Гусева И.С. РЕЖИМ СОВРЕМЕННОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗАПАДНО-ТИХООКЕАНСКОЙ ОСТРОВОДУЖНОЙ ОКРАИНЫ НА ОСНОВЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ СЕЙСМИЧНОСТИ	20
Корсаков А.К., Иванова Н.Д., Межеловская С.В., Межеловский А.Д. ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАОСАДКОВ ИЗ ОСНОВАНИЯ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА И ИМАНДРА-ВАРЗУГСКОЙ СТРУКТУРЫ	22
Иваншин С.О., Серебряков А.А., Шейков А.А. ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ В РАЙОНЕ АГРАХАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА	24
Иваншин С.О., Серебряков А.А., Шейков А.А. ОПРОБОВАНИЕ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДКОВ В КАСПИЙСКОЙ АКВАТОРИИ У АГРАХАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА	26
Имранов Э.Т. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ ОХОТСКО-КАМЧАТСКОГО БАССЕЙНА	28
Кисин А.Ю. БЛОКОВАЯ СКЛАДЧАТОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ	30
Кузнецов Ю.М., Устинов С.А., Петров В.А., Тубольцев И.С. СТРУКТУРНО-ЛИНЕАМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ НА ОСНОВЕ ДЕТАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА	32
Куликов В.С., Куликова В.В. ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ НА ТРАВЕРСЕ ЕВРОАМЕРИКАНСКОГО ПАЛЕОРИФТА	34
Леонов М.Г. СТРУКТУРНАЯ ТЕКТОНИКА КОНСОЛИДИРОВАННОЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ: НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ МЕТОДЫ	36
Маленкина С.Ю. ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ИХНОКОМПЛЕКСЫ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕПЛОСТАНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	38
Корсаков А.К., Межеловская С.В., Межеловский А.Д., Тарасов М.С. ВУЛКАНИЧЕСКИЕ БРЕКЧИИ Г. ШАПОЧКА. СЕВЕРО-ЗАПАД ВЕТРЕННОГО ПОЯСА	40

Межеловская С.В., Новикова А.С., Ульянов Д.К. ПРИЗНАКИ ФЛЮИДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В КОНГЛОБРЕКЦИЯХ ВЕРХНЕГО ВЕНДА КРЯЖА ВЕТРЕНЬЙ ПОЯС (ФЕННОСКАНДИНАВСКИЙ ЩИТ)	42
Межеловский А.Д., Ульянов Д.К. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПЛАВЛЕНИЯ КОМАТИИТОВЫХ БАЗАЛЬТОВ СВИТЫ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА	44
Палечек Т.Н., Моисеев А.В. ТЕКТОНО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ: СТРОЕНИЕ, ВОЗРАСТ И СОСТАВ	46
Погребс Н.А. МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ В РАЙОНАХ ПОДМОСКОВНОЙ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ	48
Погребс Н.А. НОВЫЙ ПОДОЛЬСКИЙ МАРШРУТ НА ПОДМОСКОВНОЙ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ	50
Порфирьева А.А., Котельников А.Е., Дьяконов В.В. ПОЗДНЕЮРСКИЙ ФАЦИИ АНЮЙСКОГО ПАЛЕОВУЛКАНА	52
Пржиялговский Е.С. МОРФОСТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И СОКРАЩЕНИЕ ШИРИНЫ ВНУТРИГОРНЫХ ВПАДИН ТЯНЬ-ШАНЯ	54
Сироткина О.Н., Гусев Г.С. ПРОТЕРОЗОЙСКИЕ УЛЬТРАМАФИТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЧЕЛЮСКИНСКОЙ ЗОНЫ (ТАЙМЫР) И ИХ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ	56
Соколов С.А., Шалаева Е.А. СОПОСТАВЛЕНИЕ СЕВАНСКОЙ И ШИРАКСКОЙ ВПАДИН (АРМЕНИЯ)	58
Сударикова Е.А. (Научный руководитель Игнатов П.А.) БАКТЕРИИ КАРБОНАТНЫХ КОНКРЕЦИЙ ВЕНДСКОГО ВОЗРАСТА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	60
Терехов Е.Н. Балувев А.С. ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ И МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ БАЛТИЙСКО-МЕЗЕНСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ	62
Томуртоого О. СТРОЕНИЕ МОНГОЛЬСКОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА	64
Шейков А.А. СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КАСПИЙСКОЙ АКВАТОРИИ	66
Юшин К.И. АМОЕВОСЕРАС OVALE КАК БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ МАРКЕР ВЕРХНЕЙ ЗОНЫ ОКСФОРДА - REGULARE/ROSENKRANTZI	68

S-II

СЕКЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ И ПРОБЛЕМ УГЛЯ, НЕФТИ И ГАЗА

Абдулкеримов Р.Ф. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В ИСКУССТВЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЕМКОСТНОГО ПРОСТРАНСТВА	72
Ахманов Г.Г., Хлыстов О.М., Кудаев А.А. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ПРОЦЕССЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ФОКУСИРОВАННОЙ РАЗГРУЗКОЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ДНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (РЕЗУЛЬТАТЫ 4-Х ЭКСПЕДИЦИЙ CLASS@BAIKAL)	74
Балицкий В.С., Балицкая Л.В., Бубликова Т.М., Голунова М.А. ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ И ПОВЕДЕНИЕ ВОДНО-УГЛЕВОДОРОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СИНТЕТИЧЕСКОМ КВАРЦЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ДО 650 °С И ДАВЛЕНИЯХ ДО 150 МПа (ЭКСПЕРИМЕНТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ)	76
Бискэ Н.С., Колодей В.А. СПЕКТРОСКОПИЯ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ МЕТААНТРАЦИТОВ И ГРАФИТОВ ТУНГУССКОГО И ТАЙМЫРСКОГО УГОЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ	78

Вахнин М.Г. ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ	80
Габделвалиева Р.Р., Низамиев Н.И., Петрова И.А., Королёв Э.А. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ В ПЕСЧАНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ТУЛЬСКОГО ГОРИЗОНТА ПРИМОРСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	82
Гайсина Л.Г., Высоцкий В.И. ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ЗСНГМП	84
Гольнская Ф.А., Барабошкина Т.А. ПРОГНОЗ САМОВОЗГОРАЕМОСТИ УГЛЕЙ ПОЛЯ ШАХТЫ «БЕЛЬЦЕВСКАЯ» ПОДМОСКОВНОГО БАССЕЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ЭТАЛОННЫМ ТОЧКАМ	86
Гольнская Ф.А. ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ГЕОТЕКТЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ САМОВОЗГОРАЮЩИХСЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ	88
Гутман И.С., Потемкин Г.Н., Руднев С.А., Сотникова Е.А., Пашков А.В. НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ СЛОЖНОПОСТРОЕННОГО ПРИРОДНОГО РЕЗЕРВУАРА КОЛГАНСКОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ТОЛЩИ ЦАРИЧАНСКОГО+ФИЛАТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	90
Диоманте Мамаду, Эссо Ном Грас Соланж (Научный руководитель Абрамов В.Ю.) НЕФТЕННЫЕ И ГАЗОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШЕЛЬФА КОТ Д'ИВУАРА В ГРАВИТАЦИОННЫХ ПОЛЯХ	92
Евдокимов Н. В., Жемчугова Т.А. ПОСТРОЕНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НИЖНЕПЕРМСКОГО ПРИРОДНОГО РЕЗЕРВУАРА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРО-КОЛВИНСКОГО АВЛАКОГЕНА	94
Ершов А.В. НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРОЕНИЕ КАЗАНСКО-ТАТАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕПЕЧОРСКОЙ ВПАДИНЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ	96
Зиналова Г.Д. (Научный руководитель Гурбанов В.Ш.) О КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВАХ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА	98
Игнатьев Н.Н. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ПРИ БУРЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОГО КАРОТАЖА	99
Карнюшина Е.Е. ДОЮРСКИЙ КОМПЛЕКС ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАМЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ НА КРАСНОЛЕНИНСКОМ СВОДЕ	101
Карнюшина Е.Е. ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ В ПРОГИБАХ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ И ЧУКОТКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАЛОЖЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	103
Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ СЛАНЦЕВЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ И ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ	105
Киселев А.А. КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДАМИ ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МИКРОИМИДЖЕРОМ (FMI)	107
Леонов М.Г. ИНТРАГРАНИТНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ УВ – СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ	109
Муленкова А.Ю., Фадеева Н.П. ДОМАНИКОВАЯ ФОРМАЦИЯ ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА - КАК ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДОВ РАННЕЙ ГЕНЕРАЦИИ	111
Мустаев Р.Н., Салихова И.М. МЕСТОРОЖДЕНИЯ АСФАЛЬТИТОВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ – ГЕНЕЗИС И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	113

Нгуен М.Х., Горюнов Е.Ю., Нгуен З.М. ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ И МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН РАЗУПЛОТНЕНИЯ В ФУНДАМЕНТЕ КЫУЛУОНГСКОГО БАССЕЙНА	115
Никитин Р.С., Квятковская С.С. ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИИ ПХГ НА ПРИМЕРЕ КАСИМОВСКОГО ПХГ	116
Никонов А.И. ВЛИЯНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗОНАЛЬНОСТЬ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	118
Никулин Б.А., Чуткешрашвили С.Е., Скибицкая Н.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА КОМПЛЕКСОМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В КАРБОНАТНОМ РАЗРЕЗЕ	120
Оффионг М.Б. МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ СЛОЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ EFI-FIELD, НИГЕРИЯ	122
Пак Д.Ю., Пак Ю.Н., Желаева Н.В., Сыздыков Н.Е. РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ	124
Рахимова Е.В., Агафонова Г.В. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ИЗВЕСТНЯКОВ ЖИГУЛЕВСКО-ПУГАЧЕВСКОГО СВОДА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)	126
Рашитова И.А. КУМЕРТАУСКОЕ ГАЗОНЕФТЯНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ	128
Рябникина Н.Н. РОЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИИ ВИЗЕЙСКОГО ТЕРРИГЕННОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА ПЕЧОРСКОГО БАССЕЙНА	129
Рябникин С.В. ЗАМЕНА СРЕДНЕАРИФМЕТИЧЕСКОГО НА СРЕДНЕГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ: ЧТО ЭТО ДАЕТ	131
Сибгатуллина П.В. ДЕГАЗАЦИЯ ВОДОРОДА И ЕГО РОЛЬ В АБИОГЕННОМ СИНТЕЗЕ УГЛЕВОДОРОДОВ	133
Стремаус М.Н. ВЛИЯНИЕ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОЛЕДЕНЕНИЙ НА РАЗМЕЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ В ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ	135
Стукалова И.Е., Цеховский Ю.Г. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕЙ И ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ В РИФТОГЕННЫХ ВПАДИНАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ И МОНГОЛИИ	137
Фаттахов Л.Р. ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАРБОНАТНЫХ РАЗРЕЗАХ	139
Шамшиев О.Ш., Толобаева Н.Т. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГЛИЕЖЕЙ ЮЖНО-ФЕРГАНСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА	141
Эссо Ном Грас Соланж, Диоманде Мамаду (Научный руководитель Абрамов В.Ю.) ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СЕНОМАНА СКВАЖИНЫ А-3 В ОСАДОЧНОМ БАССЕЙНЕ КОТ-Д'ИВУАР	143
Юсупов Я.И. ПРОГНОЗ ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ В ИНТЕРВАЛЕ УСТЬ-КУТСКОГО ГОРИЗОНТА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ ПО ДАННЫМ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРЕХМЕРНОГО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	145
Яковлева О.П. РИФЫ И РИФТЫ – УНИКАЛЬНЫЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	147
Ясюкевич Н.И. РОЛЬ ГЛУБИННЫХ РАЗЛОМОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ	149

СЕКЦИЯ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОГРАФИИ И ГЕОХИМИИ

- Tabatabaei Manesh S.M., Hemmati O., Nadimi A.R.** DARREH SARY METAPELITES THE KEY OF SANANDAJ-SIRJAN ZONE TECTONIC SETTING, IRAN 152
- Аксенов С.М., Чуканов Н.В., Гетглихер Й., Зарубина Е.С., Расцветаева Р.К.** КОМПЛЕКСНОЕ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АГАРДИТА-(Ce): НОВЫЕ ДАННЫЕ О КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ, ОСОБЕННОСТЯХ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ И ЭПИТАКСИЧЕСКИХ СРАСТАНИЯХ С SЬ-АНАЛОГОМ АУРИАКУСИТА 154
- Аксенов С.М., Чуканов Н.В., Расцветаева Р.К.** ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ВЫСОКОФТОРИСТОГО И ВЫСОКОТИТАНОВОГО АМФИБОЛА ИЗ ГОРНОГО РЕГИОНА АЙФЕЛЬ, ГЕРМАНИЯ 155
- Бугина В.М., Георгиевский А.Ф.** ЭЛИЗИОННО-КАТАГЕНЕТИЧЕСКОЕ СУЛЬФАТО-НАКОПЛЕНИЕ В ПОГРАНИЧНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОГО БОРТА ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА 156
- Гореликова Н.В., Портнов А.М., Таскаев В.И., Чижова В.И., Балашов Ф.В., Боева Н.М.** V-СОДЕРЖАЩИЙ ТУРМАЛИН ИЗ ЮГО-ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА 158
- Гришанцева Е.С., Демин В.В., Завгородняя Ю.А., Червякова П.С.** СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОФИЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ВЗВЕСИ ВОДОЕМОВ ТВЕРСКОЙ И ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ ПО ДАННЫМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ 160
- Жураев М.Н.** К ГЕОХИМИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ АПОГРАНИТОИДНОГО ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НИЖНЕГО ЯРУСА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯХТОН 162
- Залесская Т.А., Утенков В.А.** ЖИЛЫ ПРОСТЫХ ПЕГМАТИТОВ И АПЛИТОВИДНЫХ ПОРОД (МУРЗИНСКО-АДУЙСКИЙ ГРАНИТНЫЙ МАССИВ, СРЕДНИЙ УРАЛ) 164
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н.** ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОРОД 166
- Зинчук Н.Н.** ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ СЕВЕРНОЙ КРАЕВОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ 168
- Иванова Ю.А., Филимонов С.В.** БАРИТОВЫЕ КОНКРЕЦИИ ИЗ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЙОНА СЕЛА ПАРТИЗАНСКОЕ, ГОРНЫЙ КРЫМ 170
- Карманов Е.Н. (Научный руководитель Утенков В.А.)** ДАЙКА СПЕССАРТИТА В БАЗАЛЬТОИДАХ И ПРОДУКТЫ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ (ИРВЫНЕЙСКИЙ РАЙОН, КОРЯКИЯ) 172
- Костина Е.Д. (Научный руководитель Утенков В.А.)** ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КОРЕННЫХ ПОРОД В РАЙОНЕ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА ТУРЧИК (ЗАЛИВ НИКОЛАЯ, ОХОТСКОЕ МОРЕ) 174
- Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В.** О ПЕРСПЕКТИВАХ ИЗУЧЕНИЯ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО ПАЛЕОРИФТА ВЕТРЕННЫЙ ПОЯС 176
- Левицкий В.И., Павлова Л.А., Левицкий И.В.** ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ АССОЦИАЦИЙ С САМОРОДНЫМИ И ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ В БОБРУЙСКОМ ВЫСТУПЕ ФУНДАМЕНТА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ 178
- Макеев А.Б., Лютоев В.П., Второв И.П., Брянчанинова Н.И., Макавецкас А.Р.** СОСТАВ И МЭССБАУЭРОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ГАВАЙСКОГО ОЛИВИНА И ХРОМШПИНЕЛИДА ИЗ ВКЛЮЧЕНИЙ В ТОЛЕИТОВЫХ БАЗАЛЬТАХ ВУЛКАНОВ МАУНА-ЛОА И КИЛАУЭА 180

Мирусманов М.А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ЗОЛОТА В МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЯККАБАГСКИХ ГОР (ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН)	182
Попов М.П., Николаев А.Г. МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ УРАЛЬСКИХ ИЗУМРУДНЫХ КОПЕЙ	184
Портнов А.М. СУЛЬФУРИЗАЦИЯ И ИЗОТОПНАЯ ОЦЕНКА РУДОПЕРСПЕКТИВНОСТИ	186
Скамницкая Л.С., Светов С.А. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЗОАРХЕЙСКИХ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАРЕЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	188
Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П., Барнов Н.Г. МИНЕРАЛЬНЫЕ ПРИМЕСИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРУНДА ХИТОСТРОВСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)	190
Слукин А.Д., Боева Н.М., Жегалло Е.А., Зайцева Л.В. ЭВОЛЮЦИЯ ПОСТРУДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА БОКСИТОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА	192
Утенков В.А. АДИАБАТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЕГМАТИТА	194
Федькин В.В. ХИМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ГРАНАТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОРОВЫХ ЭКЛОГИТОВ	196
Юсупова А.В. МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РУД ПРОЯВЛЕНИЯ ТОПЬ БАИМСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ, ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА	198

S-IV

СЕКЦИЯ ГЕММОЛОГИИ

Ахведиани И.Р. ДИАГНОСТИКА РЕЗНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В МУЗЕЙНОЙ СРЕДЕ	202
Бердичевский Е.Г. ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ	204
Брусов А.А. ПЕРВЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТИТАНА В ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЯХ	206
Бубликова Т.М., Балицкий В.С., Сеткова Т.В. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МАЛАХИТА	208
Войтюк А.А. ФУТУРОЛОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АУДИОЗАПИСИ	210
Казьмина К.В., Ахметшин Э.А. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОГО АБРАЗИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С УЧАСТИЕМ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ ГРУППЫ КВАРЦА	212
Кисин А.Ю., Мурзин В.В. ПРИРОДА ВКЛЮЧЕНИЙ ТИПА «КОНСКИЙ ХВОСТ» В УРАЛЬСКИХ ДЕМАНТОИДАХ	214
Коногорова Д.В., Кринулина Г.Ю., Гаранин В.К. УНИКАЛЬНЫЕ АЛМАЗЫ РОССИИ	216
Леонтьева О.О. ОКРАШИВАНИЕ АГАТОВ	218
Литвиненко А.К., Моисеева С.Б., Одинаев Ш.А. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СТЕНКО ПУСТОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА ЧЕРНОГОРСКОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР	220
Литвиненко А.К., Шарифи Д.Д. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОТЛИЧИЯ МЕЖДУ САПФИРОВЫМИ И РУБИНОВЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПАМИРА	222

Моисеева С.Б. ОЦЕНКА СКАПОЛИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАМИРА (МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЧЕРНОГОРСКОЕ)	224
Пахомова В.А., Федосеев Д.Г., Тишкина В.Б., Камынин В.А., Карабцов А.А., Попова М.А., Культенко С.Ю. ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛМАЗНОГО СЫРЬЯ ИЗ МУАССАНИТА, ПОКРЫТОГО АЛМАЗНОЙ ПЛЕНКОЙ	226
Петроченков Д.А. ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЮВЕЛИРНОГО ДЕРЕВЯНИСТОГО ОЛОВА РОССЫПИ ДОМИНИОН КРИК, КАНАДА	228
Петроченков Д.А. ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АММОЛИТА КАНАДЫ	230
Сергеева Л.А., Мухаметшин А.В., Лопатин О.Н. КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТУРМАЛИНОВ ИЗ ПЕГМАТИТОВ ТУРКЕСТАНСКОГО ХРЕБТА	232
Сеткова Т.В., Балицкий В.С., Бубликова Т.М. СИНТЕТИЧЕСКИЙ ТУРМАЛИН, ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ	234
Сорокина Е.С., Рассомахим М.А., Никандров С.Н. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ НОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОЛУБОГО КОРУНДА (САПФИРА) В МЕТАГИПЕРБАЗИТАХ ИЛЬМЕНСКИХ ГОР, ЮЖНЫЙ УРАЛ	236
Терехов Е.Н., Щербакова Т.Ф. К ВОПРОСУ О ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ КАОЛИНОВЫХ ЯДЕР ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ	238
Титков С.В., Сперанский А.В. О ПРИРОДЕ КОРИЧНЕВОЙ ОКРАСКИ АЛМАЗОВ	240
Торосян А.Р. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРЁХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ МЕТАЛЛОМ (ТИТАНОМ) И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЮВЕЛИРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	242
Филина М.И., Сорокина Е.С., Рассомахим М. А. НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ И МИНЕРАЛОГИИ КОРУНДОВЫХ АНОРТОЗИТОВ – КЫШТЫМИТОВ ЮЖНОГО УРАЛА, РОССИЯ	244
Ахметшин Э.А., Фурсова А.Н. ТИПИЗАЦИЯ АВСТРАЛИЙСКИХ МАТРИЧНЫХ ОПАЛОВ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ ПОРИСТОСТИ	246
Чужанова Т.Ю., Кикнадзе Я.С. РОЛЬ ГЕММЫ В ДЕКОРАТИВНО-ПРИКЛАДНОМ ИСКУССТВЕ	248
Шакирзянова К.Р., Мухаметшин А.В., Лопатин О.Н. КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИРОДА ОКРАСКИ БЕРИЛЛОВ ИЛЬМЕНСКИХ ГОР	250
Юрьева Л.В., Лобакская Р.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭМАЛЕВИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ГОРЕЛЫХ ПОРОД	252

S-V

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ, ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИИ

Белов С.В. РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ГЕЛИО-БИО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ	256
Дьяконов В.В., Котельников А.Е. ПАЛЕОВУЛКАНЫ И РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ	258
Волков А.В. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫБОРА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ	260
Галямов А. Л., Волков А. В., Сидоров А.А. СВЯЗЬ ЗОЛОТОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ И МЕЛОВОГО ГРАНИТОИДНОГО МАГМАТИЗМА ЧУКОТКИ	262

Гонгальский Б.И., Криволуцкая Н.А. ВКЛАД МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИЕ РАЗНОФОРМАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РУДНОГО РАЙОНА	264
Криволуцкая Н.А., Нестеренко М.Р., Гонгальский Б.И., Бычкова Я.В., Свирская Н.М., Коршунов Д.М. ОКТЯБРЬСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (НОРИЛЬСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН): ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СОСТАВ РУД	266
Аухатов Я.Г. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МИНЕРАГЕНИИ ОБЛАСТЕЙ ОПУСКАНИЯ НЕКОМПЕНСИРОВАННОГО ТИПА	268
Душин В.А., Прокочук Д.И. МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЛЯПИНСКОГО МЕГАБЛОКА	270
Лаптева А.М. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВЫХ БАЗ ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛОВ МИРА	272
Мансуров Р.Х. КРУПНООБЪЕМНЫЕ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА	274
Николаев Ю. Н., Бакшеев И.А., Калько И.А., Сидорина Ю.Н., Джеджев Г.Т. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОЛОЙСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА)	276
Раткин В.В., Симаненко Л.Ф., Елисева О.А. ПОЗДНИЙ МЕЛ-ПАЛЕОЦЕНОВОЕ РВ-ZN РУДООБРАЗОВАНИЕ (ЮЖНОГО) СИХОТЭ-АЛИНЯ (ДАЛЬНЕГОРСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН)	278
Тубольцев И.С., Устинов С.А., Петров В.А., Кузнецов Ю.М. ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ	280
Аббасов Н.А., Рустамова Р.Е., Гусейнова А.Н. ПОЛОЖЕНИЕ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ В СТРУКТУРАХ МАЛОГО КАВКАЗА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ЧАСТИ	282
Багатаев Р.М. ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ ГОРНОГО ДАГЕСТАНА	284
Владимирцева О.В. ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТЫНАГОТСКО-САРАНШОРСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)	286
Де ла Нуэс Колон. Д., Оникненко. Л.Д. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПРИРОДНЫЕ ТИПЫ РУД РЕГИОНА ЦЕНТРАЛЬНАЯ КУБА	288
Круглов Н.А. ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРЕБРЯНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЕРХНЕ-МЕНКЕЧЕ (ЮЖНОЕ ВЕРХОЯНЬЕ)	290
Хамидова А.Б., Оникненко Л.Д. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЯВЛЕНИЯ МИНЕРАЛОГИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЖЕЛЕЗОКРЕМНИСТЫХ ПОРОДАХ КМА	292
Цэнджав М. ОБ ИССЛЕДОВАНИИ И ДОБЫЧИ ЗОЛОТА МОНГОЛИИ	294
Васильев Н.Ю., Мострюков А.О., Петров В.А. ПАРАМЕТРЫ СИНРУДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЗВИТИИ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	296
Иванова Е.А. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ПРОГРАММ «SIGMA 3D» ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗА КОРЕННОЙ АЛМАЗОНОСНОСТИ	298

Игнатов П.А., Новиков К.В., Зарипов Н.Р., Ходня М.С., Килижеков О.К.	300
ФЛЮИДО-ВЗРЫВНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ КИМБЕРЛИТЫ МАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОЗЕРНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АЛМАЗОВ НАКЫНСКОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ	
Бугриева Е.П., Тарханов А.В.	302
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КИТАЙСКИХ ИОННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД И ВОЗМОЖНОСТЬ НАХОЖДЕНИЯ ПОДОБНЫХ РУД НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	
Дейнес Ю.Е., Филиппов М.М.	304
ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СУБПЛАСТОВОГО ТИПА В ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЕ	
Аббасов Н.А., Рустамова Р.Е.	306
РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЕ ГРАНОДИРИТ-ГРАНИТОВОЙ ИНТРУЗИИ И УСЛОВИЯ ИХ В ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В МИСХАНО-ЗАНГЕЗУРСКОЙ ЗОНЫ МАЛОГО КАВКАЗА	
Абдуллина Л.М.	309
КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЛИВИНОВ КЕМПИРСАЙСКОГО ГИПЕРБАЗИТОВОГО МАССИВА НА УРАЛЕ	
Белюсов П.Е., Крупская В.В.	311
СЫРЬЕВАЯ БАЗА БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН РОССИИ: ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	
Гаврилов С.Е.	313
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАК КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУТАРНОЕ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	
Гхонем М.М.	315
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОРИТА В ДВУХ СЛЮДЯНЫХ ГРАНИТАХ В РЕГИОНЕ ЭЛЬ-СЕЛА, ВОСТОЧНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ	
Жураев М.Н., Дилмонов О.О., Тураев Т.Н.	317
К НОВЫМ ТИПАМ ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАРАТЮБЕ-ЧАКЫЛКАЛЯНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА	
Жидкова Т.А.	319
ДОБЫЧКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	
Исламова Р.Р.	321
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЦЕОЛИТОВ ТАТАРСКО-ШАТРАШАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	
Калько И.А., Николаева И.Ю., Николаев Ю.Н., Власов Е.А.	323
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ НА УТЭВЕЕМСКОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ	
Колганов Д.Н.	325
ФОСФОРЕСЦЕНЦИЯ ВТОРИЧНЫХ КАЛЬЦИТОВ НАКЫНСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ	
Коневин К.А.	327
О СТРАТЕГИИ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОТЕРОЗОЙСКОГО ГАББРОДОЛЕРИТОВОГО МАГМАТИЗМА КАРЕЛИИ НА ПРИМЕРЕ ИНТРУЗИВА МОТКО	
Малютин С.А.	329
ЩЕЛОЧНО-ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ РУДНЫХ ПОЛЕЙ КЕНДЫКТАС - ЧУ-ИЛИ - БЕТПАКДАЛИНСКОЙ УРАНОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ И ЕГО ВОЗРАСТ (ЮЖНЫЙ КАЗАХСТАН)	
Махмуд А.Ш., Дьяконов В.В.	331
ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ РАЙОНА ХАМАМА, ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНИ ЕГИПТА	
Мирусманов М.А., Адилханов К.Х.	333
МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ ОРУДЕНЕНИЯ КВАРЦ-СУЛЬФИДНО-ЗОЛОТОРУДНОЙ ФОРМАЦИИ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА	
Морозова К.А., Петров В.А.	335
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МНОГОВЕРШИННОГО РУДНОГО ПОЛЯ (МЕСТОРОЖДЕНИЯ)	
Нгуен З.Х., Игнатов П.А., Нгуен Ч.Тх.	337
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВИНЦОВО – ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАЙОНА ЧО-ДОН СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА	

Прудников И.А., Луговская И.Г., Печенкин И.Г. К ВОПРОСУ ГЕНЕЗИСА ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦЕВЫХ РУД	339
Радченко Д.Н., Цупкина М.А. ИССЛЕДОВАНИЕ БЕДНЫХ РУД МИХАЙЛОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИХ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ	341
Розиков О.Т., Усманиев Э.А., Мирходжаев Б.И. К ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ ЭНДОГЕННЫХ ГРЕЙЗЕНОВО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ ТЕМИРКАБУКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА	343
Розиков О.Т., Усманиев Э.А., Мирходжаев Б.И. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАРАФШАНО-АЛАЙСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЮЖНОЙ ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ	345
Смольникова А.В. ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ И ИХ РОЛЬ В МИРОВОЙ МЕДЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	347
Хасанов В.Н. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТОРУДНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ МАРОКСКОЕ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)	349
Шарафелдин Хани, Васильев Н.Ю. К ПРОБЛЕМЕ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ СУКАРИ (ЕГИПЕТ)	351
Чекушина Т.А., Воробьев К.А. ИССЛЕДОВАНИЕ АГИТАЦИОННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ПЕРВИЧНЫХ РУД - НА СЕКЦИЮ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ МПИ	353

S-VI

СЕКЦИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ

Абрамов В.Ю. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ГЕОРАДАРНОМ ЗОНДИРОВАНИИ	356
Айзетуллин Р.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ МОВ-ОГТ 2D ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЛЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ХМАО)	358
Аллагулова А.Р. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ	360
Афанасьев В.С. ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАПИЛЛЯРНОГО ДАВЛЕНИЯ	362
Афанасьев В.С., Афанасьев С.В., Антонович А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТОЛЩИ ГОРНЫХ ПОРОД, ПОЛУЧЕННОЙ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС	364
Боганик В.Н. СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ	366
Бондаренко В.М., Посеренин А.И. ТЕХНОЛОГИЯ ВВЕДЕНИЯ ПОПРАВОК ЗА ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ НА ИЗМЕРЯЕМУЮ ВЕЛИЧИНУ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА С ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	368
Веклич И.А., Иваненко А.Н., Левченко О.В. НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЛУБИННЫХ ИСТОЧНИКАХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ НА ВОСТОЧНО-ИНДИЙСКОМ ХРЕБТЕ (ВИХ)	370
Воронова Т.А., Муравина О.М., Глазнев В.Н. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЛОТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ФУНДАМЕНТА ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ	372

Гавеш В.Р., Мараев И.А. ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА НУБИЙСКОГО ПЕСЧАНИКА В ОАЗИСЕ ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ	374
Глазнев В.Н., Антонова И.Ю. МЕТОДЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	376
Грохольская С.А. (Научный руководитель Романов В.В.) ОСОБЕННОСТИ МНОГОВОЛНОВОЙ СЕЙСМОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ	378
Гурвич М.Ю., Медведев А.А., Посеренин А.И., Гафиятуллина Л.Ф. МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ	380
Десятов Д.О., Пушкарев П.Ю., Стафеев А.Н., Яковлев А.Г. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА ПО ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ	382
Зельгина Е.М. РАСЧЕТ И ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТРИБУТОВ	384
Калинина М.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА	386
Каринский А. Д., Даев Д. С., Филатова И.К. ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ И КАРОТАЖА СОПРОТИВЛЕНИЯ; ОПЫТ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	388
Каринский А.Д. ПАРАДОКС АНИЗОТРОПИИ И ЕГО ФИЗИЧЕСКОЕ ИСТОЛКОВАНИЕ	390
Королева А.О. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ МЕНЯЮТ ФИЗИКУ ЗЕМНОЙ КОРЫ	392
Кравцов А.А, Катаев Е.М, Новиков П.В. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ РАБОТ	394
Кузнецов П.Ю., Гриб Н.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ БЕСКЕРНОВОГО БУРЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО БАССЕЙНА	396
Кушнерова Ю.Н. ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ СБОРА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	398
Лобанов А.М., Иванов А.А. ИГНОРИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК СНИЖАЕТ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОИСКОВ НОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ	400
Магомедов М.М., Чуркин А.А., Лозовский И.Н. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЖСКВАЖИННОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ БЕТОНА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ОПОР АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭСТАКАДЫ	402
Муравина О.М., Аузин А.А, Пономаренко И.А., Коротков М.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ РАЗРЕЗА	404
Напольнов А.В. ПОВЕРХНОСТНО-СОГЛАСОВАННАЯ ДЕКОНВОЛЮЦИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ	406
Никитин А.А., Черемисина Е.Н., Малинина С.С. НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГРАНИЦ ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ	408
Ним Ю.А. ИМПУЛЬСНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНДУКЦИОННО-ПОЛЯРИЗУЮЩЕГОСЯ ПЛАСТА ПРИ ЕГО ВОЗБУЖДЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДИПОЛЕМ	410
Оборнев Е.А., Шимелевич М.И., Фельдман И.С., Новиков В.А., Оборнев И.Е. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТИПА ФЛЕКСУРА	412

Шмелевич М.И., Оборнев Е.А., Оборнев И.Е., Родионов Е.А. ВЛИЯНИЕ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЙРОСЕТЕВОГО АППРОКСИМАТОРА РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГЕОЭЛЕКТРИКИ	414
Пак Д.Ю., Токушева Ж.Т., Ли Е.С., Ильяшева М.С. ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ГАММА-КАРОТАЖА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ	416
Петров А.В. АДАПТИВНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ИНТЕРПРЕТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГЕОПОЛЕЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ «КОСКАД 3D»	418
Попов Е.Ю., Хаустова Н.А., Попов Ю.А., Чехонин Е.М., Спасенных М.Ю., Козлова Е.В. СОВРЕМЕННОЕ МЕСТО НЕПРЕРЫВНОГО ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ КЕРНА В КОМПЛЕКСЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА	420
Попов Е.Ю., Савельев Е.Г., Чехонин Е.М., Ромушкевич Р.А., Попов Ю.А., Спасенных М.Ю. НЕПРЕРЫВНОЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ КЕРНА - НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКЕ, РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ	422
Романов В.В. ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	424
Тарасов А.А. НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ГРАВИМЕТРОВ РАСШИРЯЕТ КРУГ ПРИКЛАДНЫХ И НАУЧНЫХ ЗАДАЧ	426
Цвитненко Д.А. УТОЧНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МОХОРОВИЧИЧА ПО РЕТРОСПЕКТИВНЫМ ДАННЫМ ПО НОМЕНКЛАТУРНЫМ ЛИСТАМ N-51-53, M-52-54	428
Чехонин Е.М., Шакиров А.Б., Богданович Н.Н., Попов Е.Ю., Ромушкевич Р.А., Попов Ю.А. РОЛЬ НЕПРЕРЫВНОГО ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПРИ ОТБОРЕ ОБРАЗЦОВ КЕРНА ВЫСОКОНЕОДНОРОДНЫХ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ СВИТ ДЛЯ ДЕТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	430
Шевченко В.А. ОЦЕНКА ГРАВИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ КРИОЛИТОЗОНЫ	432
Шматкова А.А. ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ И MASW ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ МЕТОДА ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН	434

S-VII

СЕКЦИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА

Александрова Ю.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТОКИ НА РУДНИКАХ И ШАХТАХ	438
Бондаренко А.А., Гавриленко В.В. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ	440
Величко Д.В. АЭРОФОТОСЪЕМКА: ВИДЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА	442
Гавриленко В.В., Гаджиева Л.А. ВКЛАД ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА УРАЛА В ФОРМИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ АЭРОЗОЛЯМИ	444
Галченко Ю.П. РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ СОЗДАНИЯ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	446

Захаров С.А., Мустафин С.К. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ БИЛЛЯХ)	448
Канарский А.В. РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННО-НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МГРИРГТУ В ОБЛАСТИ ИНЖИНИРИНГА	450
Кологривко А.А. ЗАКЛАДКА ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА НА РУДНИКЕ БКПРУ-1 ОАО «УРАЛКАЛИЙ» В РАЙОНЕ АВАРИИ	452
Кузьмин М.Б., Красавин А.Г., Рыжова Л.П. СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ	454
Лавенков В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ ЗАКЛАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	456
Мальский К.С., Пименова А.В. ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ	458
Митишова Н.А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ ПО ФАКТОРУ ВЗРЫВЧАТОСТИ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОЛЧЕДАННЫХ РУД	460
Мустафин С.К. РОССЫПНАЯ ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ЮЖНОГО УРАЛА: ГЕОЛОГИЯ И ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА	462
Норель Б.К., Боровков Ю.А. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА ВБЛИЗИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	464
Боровков Ю.А., Рассказов С.А. ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С УЧЕТОМ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	465
Боровков Ю.А., Рассказов С.А. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «АЛБАЗИНО»	467
Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Гаджиева Л.А. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОСВОЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОТОКОВ РУДНИЧНЫХ ВОД	469
Таджиев Ш.Т., Кобилов О.С., Айтуаров А.М., Якшибаев Т.М. ПОДРАБОТКА МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ	471
Боровков Ю.А., Якшибаев Т.М. ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРА КУСКА РУДЫ ПРИ РУДОПОДГОТОВКЕ МНОГОЯРУСНОГО ШТАБЕЛЯ ПРИ КУЧНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ ЗОЛОТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ МУРУНТАУ	473

S-VIII

СЕКЦИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ, КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ РОССЫПНЫХ И МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Буянов М.И. УСРЕДНЕНИЕ КАЧЕСТВА РУД ПРИ ДОБЫЧЕ	476
Марат Н., Буянов М.И., Рассказов А.А., Горбатов Е.С. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕОЛИТОВ НА ТЕРРИТОРИИ МОНГОЛИИ	478
Тивоненко В.А., Дробаденко В.П., Луконина О.А. ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПЛЕКСА «БУЛЬДОЗЕР-ДРАГЛАЙН» НА ВСКРЫШЕ ГЛУБОКИХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ РОССЫПЕЙ	480

Алборов И.Д., Тедеева Ф.Г., Гриднев Е.А., Алборов С.Т. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НАПРЯЖЕННОСТЬ ГОРНЫХ ДОЛИН СЕВЕРНОГО КАВКАЗА	482
Алборов И.Д., Тедеева Ф.Г., Цгоев Т.Ф., Бязрова А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОЙ ДОЛИНЫ	484
Буянов М.И., Рассказов А.А., Горбатов Е.С. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕОЛИТОВ НА ТЕРРИТОРИИ МОНГОЛИИ	486
Вильмис А.Л. ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОДЪЕМА ГЛУБОКОВОДНЫХ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ	488
Гриднев Е.А., Цгоев Т.Ф., Мамнишвили Р.В. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ СЕЛИТЕБНЫХ ЗОН ГОРОДА ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ	490
Дробаденко В.П., Вильмис А.Л., Луконина О.А., Салахов И.Н. ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ ШТАБЕЛЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СРЕДСТВАМИ ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ	492
Бугриева Е.П., Дякин В.И., Селивановский А.К. ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛЕГКОВСКРЫВАЕМОЙ ЧАСТИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ НИОБИЙ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМТОР	494
Йулдошев Шохрух Шоназар углы, Халимов Илхом Убайдуллоевич, Мирзаев Баховуддин Абдураззокович ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКИ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ	496
Каширский А.С. Калинин И.С. Журавлев А.С. КРУПНООБЪЕМНОЕ ОПРОБЫВАНИЕ ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖМК КАССЕТНЫМ ТРАЛОМ	498
Клочков Н.Н. ОЦЕНКА РАЗРУШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГИДОМОНИТОРНЫХ СТРУЙ	500
Маркелов С.В. ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ГЛИНИСТЫХ РУД В ЕСТЕСТВЕННОМ ЗАЛЕГАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫМ ПОТОКОМ РЕАГЕНТА	502
Мирзаев Баховуддин Абдураззокович, Халимов Илхом Убайдуллоевич, Йулдошев Шохрух Шоназар углы АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ	504
Папичев В.И. ОЦЕНКА ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ С УЧЁТОМ ИЗЪЯТИЯ КИСЛОРОДА	506
Рафиенко В.А. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ШУНГИТОВЫХ ПОРОД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО, СВЕРХТОНКОГО ПОМОЛА КОНЦЕНТРАТА, И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА	508
Семёнова К.М., Чурикова И.В., Лопатин А.Ю. ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО СКОНЦЕНТРИРОВАННОГО ГЕЛИЯ В ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖАХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕНДА	510

S-IX

СЕКЦИЯ МЕХАНИКИ, МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Арсентьев Ю.А., Ивашкин И.В., Нгуен Т.Х. МОЩНОСТЬ, ЗАТРАЧИВАЕМАЯ НА РАБОТУ ДОЛОТА РДС С ОТРИЦАТЕЛЬНОМ УГЛОМ УСТАНОВКИ РЕЗЦОВ	514
---	-----

Бабурь К.В. (Научный руководитель Абрамович Б.Н.) РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СЕЛЕКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	516
Башкуров А.Ю., Обьедков А.С. ВЛИЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ЭКОЛОГИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	518
Баязитов И.С., Лимитовский А.М. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ	520
Дяченко Г.В. (Научный руководитель Жуковский Ю.Л.) АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ПЕРЕХОДА К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ	521
Завацки С., Куликов В.В. ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПЛЕКСА ВСЕРЕЖИМНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК С ГИБРИДНОЙ СХЕМОЙ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ	523
Ивлева О.А. (Научный руководитель Калининчев В.Н.) СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ОНЛАЙН КУРСА НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ. РАЗРАБОТКА НОВОГО ФОРМАТА УЧЕБНИКОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ	526
Ильченко К.К., Михайлов М.Э., Глуханич Д.Ю. (Научный руководитель Бельский А.А.) ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ	528
Камелина А.И., Кривенцова А.А., Некоз С.Ю. СОЗДАНИЕ, РАЗРАБОТКА И БУДУЩЕЕ 3D-ПЕЧАТИ	530
Крылок М. Ю., Крылков Н.М. ПРЕЗЕНТАЦИЯ НОВОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА»	532
Кузнецов П.А. (Научный руководитель Абрамович Б.Н.) ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ	534
Лаврик А.Ю. (Научный руководитель Жуковский Ю.Л.) АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ	536
Лимитовский А.М. КОГЕНЕРАЦИОННОЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ СИСТЕМАМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	538
Лу Яньцзюнь, Хань Циньсюань, Шелепов В.В. ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ С ОТКРЫТЫМ ЗОБОЕМ	539
Лях Д.А. (Научный руководитель Абрамович Б.Н.) ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ ПОВЫШЕННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ С НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКОЙ	542
Махоткин П.С., Лимитовский А.М. СРАВНЕНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ И ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, КАК ЛОКАЛЬНЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИОННОГО ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ	544
Меркулов М.В. ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЭЖЕКЦИИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВС НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО РАБОТЫ	545
Михайлов М.Э. (Научный руководитель Бельский А.А.) КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРОПРОГРЕВА НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ С ПИТАНИЕМ ОТ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ	547
Мокеева О.Н., Назарова А.С., Некоз С.Ю. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА	549

Объедков А.С. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ ДЛЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН НА ЮЖНО-ТАРАСОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ	551
Перекрестов В.Е. (Научный руководитель Жернаков А.П.) НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА НА УГЛЕВОДОРОДНОЕ СЫРЬЕ В УСЛОВИЯХ УРЕНГОЙСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	553
Рахматуллин И.З., Нафиков А.Г. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРА «ЮБИЛЕЙНЫЙ»	555
Сынбулатов Б.Р. (Научный руководитель Башкуров А.Ю.) ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРОВ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	557
Федорова В.А. (научный руководитель Григорьев М.И.) ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДЗЕМНОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	559

S-X

СЕКЦИЯ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНОГО ДЕЛА, ГИДРАВЛИКИ И ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Брюховецкий О.С., Исаев В.И., Байрамгулова Л.А. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КРУПНОСТИ	562
Брюховецкий О.С., Секисов А.Г. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАФЕДРЫ «ГОРНОЕ ДЕЛО» ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ И МЕЛКИХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛОВ-НОСИТЕЛЕЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	564
Брюховецкий О.С., Байрамгулова Л.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОД ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В КАЧЕСТВЕ ИНЕРТНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКИ НА ГАЙСКОМ ГОКЕ	566
Брюховецкий О.С., Севостьянов Н.А., Байрамгулова Л.А. ПЕРЕДВИЖНАЯ ЗАКЛАДОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ДОСТАВКИ И УКЛАДКИ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ	568
Экомасов С.П., Шендеров В.И., Подмарков О.В. ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН	570
Изюмов С.В. «ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОРАДАРОВ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ»	572
Мурсалимов А.Д., Несмотряев В.И. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕВЗРЫВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СПОСОБОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ МЕТРОСТРОЯ	574
Байгускаров А.А., Несмотряев В.И. РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	575
Шишляев В.В., Кузнецов Р.В. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА ДОБЫЧНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТАНОУГОЛЬНЫХ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	576
Спектор С.В., Анненков А.А. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ НЕДР - СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	578
Величко Д.В. СРАВНЕНИЕ МОДЕЛИ КУЛОНА-МОРА И ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ХУКА-БРАУНА	580
Прищепов Н.А., Самара В.М., Яшин В.П. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ШИТА С ГРУНТОВЫМ ПРИГРУЗОМ В ОБВОДНЕННЫХ УСЛОВИЯХ	582

Абрамов А.А., Яшин В.П. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ НАГНЕТЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА ЗА ОБДЕЛКУ ТОННЕЛЕЙ МЕТРО	584
Григорьев Е.Ю., Чернов А.Н. К ВОПРОСУ УКРЕПЛЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ КАСКАДА ПРУДОВ ВДНХ В Г. МОСКВЕ	586
Владимиров Е.Ю., Зубов А.М., Чубаров В.В. ОПЫТ ОДНОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ОФИСНОГО ЗДАНИЯ И ПОДЗЕМНОЙ ПАРКОВКИ В УСЛОВИЯХ Г. МОСКВЫ	588
Березин И.Г., Брагин П.А., Маслов И.Ю., Иляхин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ НЕГАБАРИТА ГОРНЫХ ПОРОД И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	589
Брагин П.А., Маслов И.Ю., Иляхин С.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ АММИАЧНЫХ СЕЛИТР РАЗЛИЧНЫХ МАРОК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ	591
Маслов И.Ю., Брагин П.А., Иляхин С.В. ТЕХНОЛОГИЯ ЗАРЯЖАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СКВАЖИН ЭМУЛЬСИОННЫМИ ВВ	593
Соловьев Д.А., Иляхин С.В. ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ НЕФТИ- И ГАЗОПРОВОДОВ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА	595
Емельянов Р.В., Иляхин С.В. ИЗУЧЕНИЕ РАЗРУШЕНИЯ БЕТОННЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ НРС И ИЗМЕНЯЕМОЙ ФОРМЫ ВСТАВКИ	597
Ганин И.П. НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА	599
Мукайдех А.Р., Иляхин С.В. ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ПРИ ПРОХОДКЕ МИКРОТОННЕЛЕЙ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	601
Усатенко Г.Ю., Иляхин С.В. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ МИКРОТОННЕЛЕЙ В ПЛЫВУНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВИБРАЦИИ	603
Волкова О.А., Иляхин С.В. ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ПОЧВУ АВТОТОННЕЛЕЙ	605

*Материалы и оформление тезисов сохранены в авторской редакции.
Ответственность за сведения, представленные в издании, несут авторы.*

Научное издание

**МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕДР:
НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ
(к 100-летию МГРИ–РГГРУ)**

4–6 апреля 2018
Москва, МГРИ–РГГРУ

**В двух томах
Том 1**

Материалы конференции

Редакционная коллегия:

Вадим Александрович КОСЬЯНОВ
Владимир Владиславович КУЛИКОВ
Олег Степанович БРЮХОВЕЦКИЙ

Дизайн обложки – О.В. Глазкова
Компьютерная вёрстка и техническое редактирование – В.Н. Яковлева

Издательство НПП «Филтроткани», Москва
E-mail: npp-f@yandex.ru
Тел./факс: +7 (495) 979 49 07

Подписано в печать 13.03.2018. Формат 60×90/16
Бумага офсетная. Гарнитура «Тип Таймс»
Печать офсетная. Усл. печ. л. 39,1. Печ. л. 40. Тираж 500 экз. Заказ № 37.
12+ знак информационной продукции согласно главе 2 Федерального закона
от 29.12.2010 № 436-ФЗ (ред. от 01.05.2017)

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «МРИПП»