



05 – 07 апреля 2017 года

ДОКЛАДЫ

1
ТОМ

**XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
«НОВЫЕ ИДЕИ
В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ»**

1
volume

**XIII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-PRACTICAL
CONFERENCE
«NEW IDEAS
IN EARTH SCIENCES»**

РАБОЧИЕ ЯЗЫКИ КОНФЕРЕНЦИИ РУССКИЙ И АНГЛИЙСКИЙ

Москва 2017

ББК 26.3+65+67+70/79
УДК 55(556.3+624.13+574:55+33)
Н766

«Новые идеи в науках о Земле», XIII Международная научно-практическая конференция (2017; Москва).

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.

Организация XIII Международной научно-практической конференции
«Новые идеи в науках о Земле»
и издание материалов осуществлено при
финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных
Исследований (Проект № 17-05-20045Г)

Редакционная коллегия:
В.И. Лисов, В.А. Косьянов, О.С. Брюховецкий

ISBN 978-5-900941-34-9

© МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, 2017
© Коллектив авторов, 2017
© Оформление. ФГБУ «ВНИГНИ», 2017

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РФ

АО «РОСГЕОЛОГИЯ»

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ (МГРИ-РГГРУ)**

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ОРГКОМИТЕТ

Почётный председатель:

Козловский Е.А. – Почётный Президент Ассоциации Геологических организаций, Вице-президент РАЕН, Министр геологии СССР (1975-1989)

Сопредседатели:

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

Лисов В.И. – Ректор МГРИ-РГГРУ

Заместитель сопредседателей:

Косьянов В.А. – Проректор по инновационной и международной деятельности МГРИ-РГГРУ

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА

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

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

Орлов В.П. – Президент Российского геологического общества

Трубецкой К.Н. – Академик РАН, Советник Президента РАН, вице – президент Академии горных наук

Чесалов Л.Е. – Председатель Общественного совета при Федеральном агентстве по недропользованию, проректор по учебной и научной работе МГРИ-РГГРУ

Черезов Г.В. – Директор Старооскольского филиала МГРИ-РГГРУ

Брюховецкий О.С. – Директор Центра научно-технической и экологической экспертизы горно-геологических работ МГРИ-РГГРУ

S-I

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

ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ КАК СЛЕДСТВИЕ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ

Верзилин Н.Н.

Verzilinn@mail.ru, Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Недавно нами обсуждались роль глинистых минералов в возникновении и эволюции жизни на Земле [1] и влияние жизни на развитие нашей планеты [2]. Теперь рассмотрим прошедшую эволюцию поверхностной части Земли и атмосферы, и возможную будущую, вследствие функционирования живого вещества. Все планеты эволюционируют, притом с разными скоростями. Наибольшей интенсивностью изменений должны обладать планеты, на которых есть жизнь. Влияние жизни на увеличение скорости и направленность развития планеты Земля фиксируется очень ярко. Не появившись на Земле жизнь, вряд ли обстановка на +ее поверхности изменилась бы от восстановительной к окислительной. Она сохранилась бы, как на Луне – восстановительной. Жизнь привела к резкому увеличению скорости развития Земли, которое происходило с ускорением. Отчетливые следы жизни на Земле датируются уже в отложениях возрастом примерно 3.8 млрд лет назад, а более примитивные представители ее должны были возникнуть еще раньше, вероятно около 4 млрд лет назад. При этом примерно до 1 млрд лет назад организмы были одноклеточными, лишь в начале фанерозоя жизнь распространилась в мелководье, а с конца силура постепенно приобрела чрезвычайное разнообразие и заселила всю поверхность Земли.

Однозначно нельзя сказать, как возникла на Земле жизнь. Возможно, на дне водоемов отлагалось абиогенное органическое вещество, совместно с глинистыми минералами, в последних содержались необходимые для первичных организмов энергия и химические элементы. Соответственно длительное существование на дне водоемов в насыщенных водой осадках абиогенных органических веществ и энергоемких глинистых минералов могло привести к возникновению биогенных органических образований из не биогенных [1]. Но жизнь могла быть и принесена в виде простейших организмов с метеоритным веществом из космоса в начале существования Земли, когда еще не было плотной атмосферы, приводившей к сильному разогреву метеоритов и уничтожению на них живого вещества [6]. В этом случае для сохранения на Земле занесенной жизни первостепенное значение могло иметь наличие на дне водоемов абиогенного органического вещества и, возможно, глинистых минералов – наиболее доступной пищи для пришельцев. Оба варианта возникновения жизни на Земле близки по общей обстановке. Сначала возникло на Земле абиогенное органическое вещество, вероятно, ассоциированное с глинистым. Затем могли быть два варианта: преобразование этого органического вещества в биогенное или занесение на Землю биогенного. В том и другом случае абиогенное органическое вещество, вероятно, служило основной пищей для возникших или принесенных живых организмов.

Ярко выраженная эволюция жизни на Земле началась с появления фотосинтезирующих организмов. Возник мощнейший геологический процесс, вызвавший преобразование планеты. Более значимого явления на нашей планете нельзя указать. Ведь при фотосинтезе образуется органическое вещество и кислород. При этом в настоящее время (без учета антропогенного воздействия) образовывалось бы около $233 \cdot 10^9$ т CH_2O в год (с выделением около $250 \cdot 10^9$ т O_2 в год) [4]. Следовательно, если даже считать, что биосфера с такой продуктивностью существует около 3.5 млрд лет, то за такое время могло (причем в сухом весе) образоваться органических веществ примерно в 300 раз больше массы осадочной оболочки. Даже, если принять, что первичная продукция биосферы за принятое время увеличивалась постепенно от 0 до $233 \cdot 10^9$ т в год, то все равно будет колоссальная цифра.

В осадочных породах захороняется обычно около 0,03% продуцирующегося органического вещества. Это не мало, если вспомнить энергетическую мощь месторождений угля, нефти и газа. А они составляют суммарно в фанерозое на три порядка меньшую массу, чем масса органического вещества в его осадочных породах. Большое количество био-

генной энергии содержится в торфяниках, горючих сланцах. Громадное количество энергии передавалось и передается биогенным органическим веществом при его разрушении минеральному. Это ярко проявляется в корях выветривания, почвах, и в зоне диагенеза.

Эволюция Земли во время существования на ней жизни определялась развитием фотосинтезирующих организмов. Остальные организмы в основном существовали за счет фотосинтетиков. Наиболее ярким показателем значения фотосинтезирующих организмов в эволюции Земли является роль продуцировавшегося ими свободного кислорода, изменившего обстановки на планете от восстановительных до окислительных с содержанием кислорода в атмосфере в настоящее время около 21%. Изменение содержания кислорода в атмосфере привело к возникновению, а затем преобразованию положения озонового экрана на Земле и к распространению жизни по всей поверхности планеты. Развитие растительного мира привело к колоссальным изменениям литологического состава, пропорций осадочных пород, увеличению скоростей изменения соотношений их типов, что отчетливо было показано А.Б. Роновым [5, рис.19] и обсуждалось недавно нами [2, рис. 2].

Существенно, что в результате длительной эволюции в атмосфере Земли резко уменьшилось содержание углекислого газа, вероятно, от преобладания до примерно 0.03%. Это привело к появлению гипотезы [5] о предстоящей смерти биосферы, вызванной прекращением, в результате затухания вулканической деятельности, выноса глубинного углекислого газа в количестве достаточном для фотосинтеза. Однако в мезозое, наряду с уменьшением скорости отложения вулканогенных пород отмечается напротив резкое увеличение образования осадочных пород и захоронения $C_{орг}$ [3, рис. 21]. Кроме того, можно предполагать, что многие процессы в биосфере саморегулирующиеся. Если станет мало для фотосинтеза углекислого газа, уменьшится первичная продукция фотосинтетиков, а потому снизится и количество животных, изымающих углекислый газ для образования карбонатного материала. В результате появится дополнительный источник этого газа для фотосинтезирующих организмов. Вероятно, при понижении содержания углекислого газа в атмосфере и гидросфере, часть карбонатных осадков станет замещаться сульфатами, и в биосферу будет поступать углекислый газ. Кроме того, примерно половина ранее образовавшегося осадочного материала при выветривании и размыве возвращается в биосферу, как и часть углекислого газа. Механизмы поступления углекислого газа в атмосферу весьма многообразны, и можно предполагать, что жизнь на Земле неистребима, пока она получает достаточное для фотосинтеза количество солнечной энергии.

Литература

1. Верзилин Н.Н., Окнова Н.Н. Энергетическая роль глинистых минералов в возникновении и эволюции жизни на Земле // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Сер. 7. Геология. География. 2016. Вып. 1. С. 48-58.
2. Верзилин Н.Н., Окнова Н.С. Значение жизни в развитии Земли // Геология, геоэкология, эволюционная география: Труды международного семинара. Том. XV. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2016. С. 28-32.
3. Верзилин Н.Н. Учение о биосфере (эволюция биосферы). СПб., 2004. 212 с.
4. Родин Л.Е., Базилевич Н.И., Розов Н.Н. Биологическая продуктивность растительности земной суши и океана и факторы ее определяющие // Человек и среда обитания. Сб. статей. Л.1974. С.160-175.
5. Ронов А.Б. Осадочная оболочка Земли. М.: Наука. 1980. 80 с.
6. Сиротин В.И., Жабин А.В. Седиментогенез и условия зарождения жизни на Земле // Эволюция осадочных процессов в истории Земли: материалы 8-го Всероссийского литологического совещания (Москва, 27-30 октября 2015 г.). М: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2015 – Том 1. С. 130-133.

К ВОПРОСУ О ТЕКТОНИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА АРКТИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

Караулов В.Б.

vbkaraulov@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Подтектоническим районированием подразумевается разделение земной коры на разнотипные и разноранговые регионы, различающиеся по структурным, вещественным, историко-геологическим и иным особенностям. Крупнейшими структурными элементами материков (континентов) являются древние платформы и подвижные (складчатые) пояса. Эти понятия и термины широко используются в отечественной геологической и тектонической литературе, на обзорных тектонических картах, а также в учебниках региональной геологии и геотектоники.

На территории России и ближнего зарубежья, в пределах Северной Евразии, располагаются две древние платформы (Восточно-Европейская и Сибирская) и части трёх подвижных поясов (Урало-Монгольского, Средиземноморского и Тихоокеанского). В учебниках региональной геологии приводится их последовательное описание. В то же время, характеристика арктических регионов России обычно выпадает из этой стройной системы. Она либо отсутствует, либо даётся краткое описание отдельных, лучше изученных участков российской Арктики. Соотношение этих участков с перечисленными выше древними платформами и складчатыми поясами остаётся не вполне ясным. Это положение было обусловлено относительно слабой изученностью арктических регионов, большая часть которых скрыта под водами шельфовых морей. Однако, в последние десятилетия стало очевидным огромное экономическое и политическое значение этих регионов и появилось много новых данных, позволяющих более подробно и систематично осветить их геологическое строение.

Арктический пояс представляет собой незамкнутое кольцо мезозойских, палеозойских и более древних складчатых структур, которое с одной стороны окружено преимущественно древними платформами Северной Евразии и Северной Америки, а с другой – при смыкает к древней «Гиперборейской платформе», существование которой в центральных районах Арктики давно предполагалось и подтверждается новейшими отечественными и зарубежными исследованиями. В результате позднемезозойско-кайнозойской деструкции материковой коры значительные участки этого массива глубоко погрузились с образованием Канадской и других глубоководных котловин. Другой океанический бассейн располагается на продолжении Северной Атлантики и представлен глубоководными котловинами Амундсена и Нансена и разделяющей их рифтовой зоной поднятия Гаккеля.

После завершения киммерийской складчатости вся площадь Арктического подвижного пояса развивается в режиме молодой платформы. Учитывая большую протяжённость и разнородность Арктического пояса, для удобства описания его площадь целесообразно разделить на несколько молодых платформ с разными географическими названиями. Российский сектор естественным образом делится на Западно-Арктическую и Восточно-Арктическую молодые платформы, различающиеся по возрасту самого молодого, собственно плитного комплекса.

Западно-Арктическая молодая платформа на западе срезается каледонскими складчатыми структурами Северо-Атлантического подвижного пояса. Её северная граница с древней Гиперборейской платформой скрыта под новообразованным Евразийским океаническим бассейном. На востоке эта молодая платформа включает структуры Северной Земли и п-ова Таймыр. Южная граница Западно-Арктической молодой платформы и соответствующей части Арктического пояса точно не определена. Границу между Арктическим и Урало-Монгольскими поясами здесь следует, по-видимому, проводить по крупным разломам, ограничивающим с севера Тимано-Печорскую плиту (включая её подводное продол-

жение). В пределах Западно-Арктической молодой платформы выделяются Новоземельский и Таймырско-Североземельский выступы фундамента и две плиты: Баренцево-Северокарская и Южно-Карская. В состав Баренцево-Северокарской плиты входят акватории Баренцева моря и северной части Карского моря, а также восточная часть Шпицбергена, Земля Франца-Иосифа, северные острова архипелага Северной Земли и некоторые другие острова. Южно-Карская плита включает акваторию южной части Карского моря и его южное низменное побережье.

Достоверных данных о возрасте и строении фундамента Западно-Арктической платформы очень мало. В районе Новой Земли фундамент раннекиммерийский, а рядом с Таймырско-Североземельским выступом – байкальский или байкальско-салаирский. Такой же возраст фундамента можно предполагать для Северосибирского «порога», разделяющего северную и южную части Карского моря. На архипелаге Земли Франца-Иосифа в фундаменте рассматриваемой плиты бурением вскрыт вендский складчатый комплекс. На крайнем западе этой платформы располагается крупный блок дорифейского фундамента, испытавшего на рубеже среднего и позднего рифея гренвилевскую тектоно-магматическую переработку.

Восточно-Арктическая молодая платформа располагается в восточной части арктической окраины Евразии и включает акватории морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского, расположенные здесь острова, а также Верхоянско-Чукотскую горную область, которую можно рассматривать как крупный выступ фундамента этой молодой платформы. Небольшие выступы киммерийского складчатого основания в шельфовой части Восточно-Арктической платформы, наблюдаемые на западе о. Котельный и на Ляховских островах, разделяют её на две плиты: Лаптевскую и Восточносибирско-Чукотскую.

В фундаменте Восточносибирско-Чукотской плиты наряду с преобладающими по площади киммеридами Новосибирско-Чукотской системы предполагается присутствие в её северной части нижнепалеозойских (каледонских) и верхнепротерозойских складчатых сооружений. Что же касается фундамента Лаптевской плиты, то имеющиеся геофизические данные позволяют предполагать существование здесь крупного дорифейского массива, отделённого от Сибирской платформы узкой полосой киммерид, соединяющих Яно-Колымскую и Южно-Таймырскую системы.

В разрезе осадочного чехла обеих молодых платформ геолого-геофизическими методами выявлены собственно плитные и подстилающие их доплитные, «переходные» комплексы отложений. Плитный комплекс Западно-Арктической молодой платформы включает юрские, меловые и кайнозойские глинисто-терригенные формации мощностью до 1500-3000 м. Юрско-меловой нефтегазоносный комплекс содержит ряд месторождений углеводородов. Плитный комплекс Восточно-Арктической молодой платформы образован верхнемеловыми-кайнозойскими глинисто-терригенными отложениями мощностью до 3-5 км. Состав, строение и тектоническая природа «переходного» комплекса изучены недостаточно.

Попытка описания рассмотренной части Арктического пояса в качестве самостоятельного структурного элемента Северной Евразии показывает, что несмотря на ряд специфических особенностей, этот пояс вполне сопоставим с другими структурами такого типа. Как и другие подвижные пояса, он заложен на дорифейской континентальной коре. В процессе геосинклинального развития здесь сформировались байкальские, байкальско-салаирские, каледонские (?) и киммерийские складчатые области. Несмотря на признаки герцинского тектогенеза, самостоятельные герцинские складчатые системы не выявлены. Между перечисленными складчатыми областями, по-видимому, сохранились очень крупные блоки дорифейского основания. Во второй половине мезозоя на месте рассмотренной части Арктического пояса окончательно оформились две молодые платформы – Западно-Арктическая и Восточно-Арктическая.

ГЛОБАЛЬНЫЕ БАЗАЛЬТОВЫЕ ИЗЛИЯНИЯ НА ПЛАНЕТАХ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ И ЛУНЕ – ВАРИАЦИИ ПО ВРЕМЕНИ И СОСТАВУ

Кочемасов Г.Г.

kochem.36@mail.ru, Институт геологии рудных месторождений, минералогии, петрографии и геохимии РАН, Москва, Россия

Хорошо видимые на Луне обширные темные пятна, называемые «морями», являются излияниями темных плотных пород – базальтов. На планетах земной группы подобные излияния – эффузии также представлены широко. Общим местом является их тектоническое положение – они заполняют глобальные отрицательные формы рельефа – бассейны, впадины, депрессии, «морья». Объясняется это стремлением разномасштабных и гипсометрически разноуровневых тектонических блоков выполнять закон сохранения (уравнивания) их угловых моментов. Это физическое требование вызвано необходимостью сохранять цельность планетного тела, избежать напряжений и разрушений вдоль границ блоков и минимизировать энергетику тела. Поскольку полное уравнивание не достигается, вдоль границ существуют напряжения, выражающиеся в периодической сейсмичности и вулканизме (например, «огненное кольцо» вокруг бассейна Тихого океана).

Происхождение отрицательных форм и разделяющих их положительных имеет волновое происхождение. Возникновение планетарных волн связано с движением тел по эллиптическим кеплеровским орбитам, вызывающим периодические волнообразные изменения ускорений и, как следствие, коробления тел. В результате возникает симметрично-антисимметричное расположение разных тектонических блоков. Ярким примером этого явления служит дихотомия небесных глобусов и, в случае Земли, антиподальность Арктики-Антарктики. Континентальным блокам (секторам) Земли противостоят океанические впадины: Африке антиподальна Тихоокеанский бассейн, Азии – Южно-Атлантический, Америке – Индоокеанский, что ставит под сомнение возможность произвольных горизонтальных перемещений материков.

«Орбиты делают структуры» – главный смысл волновой планетологии. Признанием этого процесса является влияние эллиптичности орбит на деятельность вулканов на Ио и газово-ледовых струй на Энцеладе – небольших спутников с ограниченной внутренней энергией. На одной околосолнечной орбите находятся два тела – Земля и Луна. Первая в 81 раз массивнее второй. Но волновые структуры, наведенные орбитой, тектонически идентичны: это волновые сегменты-полушария, секторы, гранулы – относительно сравнимые на обоих телах. Оба небесных тела, как и все остальные, тектонически дихотомичны. Опущенные полушария их для сохранения равенства угловых моментов полушарий заполнены плотным базальтовым материалом. Но время заполнения существенно разнится.

Система Земля-Луна расширяется со временем, то есть увеличивает свой угловой момент. Естественной реакцией на это является замедление вращения обоих тел системы, уменьшающих угловой момент (действие-противодействие). Уменьшение моментов тел компенсируется выплавлением и выведением на поверхность плотного базальтового материала [1]. Но на Луне это происходит рано (3-4,5 млрд лет назад) вследствие уменьшенной инерции малой массы спутника. Существенно «отложенным» по времени этот процесс происходил на массивной с большой инерцией Земле (юра-мел-кайнозой). Земля в 81 раз массивнее спутника. (3-4,5 млрд) : 81 = 37-55 млн лет. Согласно этим расчетам пик «базальтовой» реакции Земли, заполнения базальтами океанических впадин падает на границу мезозой-кайнозой. Еще одной особенностью базальтовых заполнений земных океанов и бассейнов Луны является сравнительно высокая железистость последних. Эта особенность говорит о более низких температурах выплавления из мантии и их повышенной плотности. Это соответствует представлениям об относительно низких температурах мантии в начальный период трансформации механической энергии движения в тепловую энергию разогрева.

Промежуточное положение по массе между Землей и Луной занимает Марс. Он в десять раз меньше Земли по массе и в 11 раз массивнее Луны. Двигаясь по более широкой

орбите со своими особенностями, небольшой Марс, тем не менее, также заполняет свою дихотомичную Северную равнину относительно железистыми базальтами. Начало эффузий считается, по подсчетам импактных кратеров за неимением абсолютных возрастов, на конец гесперия, то есть примерно около 3 млрд лет назад. Последние возрасты заполнения кратеров гигантских вулканов определены в 3 млрд – 500-200 млн лет [2, 3]. Рассчитывая возраст массовых излияний по соотношению масс Земли (Луны) и Марса (понимая разницу орбит, влияющих на разогрев мантии и выплавление базальтов), получаем 400-270 млн лет. Очевидно омоложение интервалов выплавления и их расширение на Марсе, что напоминает земные процессы.

Согласно порядку масс трех небесных тел и их мер инерции (без учета разницы в орбитах) их планетарные базальтовые «вспышки» выстраиваются в закономерный возрастной ряд – от древнейшего в несколько миллиардов лет до мезо-кайнозоя. Закономерно вписывается в этот ряд и массивная Венера с ее обильным богатым магнием базальтовым покровом. Уступая немного Земле в массе (но превосходя ее в частоте обращения), она немного уступает ей в возрасте базальтовой «вспышки». Подсчеты «импактных»(?) кратеров дают возраст порядка 500 млн лет. Он не опускается до расчетного (4,5-3 млрд лет : 66= 68-45 млн лет), но не является абсолютно установленным – «вспышка» могла продолжаться и более продолжительное время.

Две внутренние планеты – Венера и Меркурий объединяются большими частотами обращения, медленным вращением, обильной дегазацией (атмосфера сохранилась на Венере и «сметена» на Меркурии), обильным богатым магнием магматизмом.

Итак, планеты земной группы и Луна имеют разные массы и одну важную геоморфологическую особенность – их отрицательные поверхностные формы – впадины разных масштабов (океаны, бассейны, моря) заполнены темным плотным базальтовым материалом. Объясняется это тем, что потеря телами скорости вращения, а значит, углового момента, должна компенсироваться переносом на поверхность относительно плотного базальтового материала. Для подготовки их расплавов в глубинах мантии необходимо поднять температуру до определенного уровня, причем сделать это в телах, различающихся на порядок по массе и значительно обедненных тепловыделяющими (радиоактивными) элементами. Единственно правдоподобным процессом для этого может быть переход части механической энергии движения планет в тепловую. Этот процесс связан с массой или инерцией тел. Если мантия самого мелкого тела – Луны разогревается быстро и абсолютные возрасты базальтов поверхности имеют 3-4.5 млрд лет, то океаны массивной и инертной Земли заполняются базальтами с возрастом в несколько десятков миллионов лет и даже современных. Остальные три планеты с промежуточной массой обнаруживают промежуточные возрасты базальтовых «вспышек».

Литература

1. Кочемасов Г.Г. Разница во времени массивных базальтовых излияний в океанах Земли и Морях Луны (Первый закон Ньютона и Принцип Ле Шателье в развитии системы Земля-луна). Система «Планета Земля»: 120 лет со дня рождения и 75 лет со дня гибели Юрия Васильевича Кондратюка (Александра Игнатьевича Шаргея) (1897-1942). – М. : ЛЕ-НАНД, 2017. – 528 с. (с. 226).
2. Neukum G., et al. (2004) “Recent and Episodic Volcanic and Glacial Activity on Mars Revealed by the High Resolution Stereo Camera”. *Nature*, v. 432, 971-979. doi: 10.1038/nature03231. PMID 15616551.
3. Robbins S.J., Achille G.Di, Hynek B.M. (2010) Dating the most recent episodes of volcanic activity from Mars’s main volcanic calderae (sic). 41st Lunar and Planetary Science Conference, Abstract 2252. – URL: <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2010/pdf/2252.pdf>.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА GIS-ENDDDB И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБИННОЙ ТЕКТОНИКИ

Михеева А.В.

anna@omzg.sscs.ru, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

Известно, что глобальные катастрофические события в истории нашей планеты связаны с комплексом причин, включающим различные эндогенные (происходящие в недрах Земли) и экзогенные (например, ударные воздействия) геологические процессы. Программная система GIS-ENDDDB (Earth's Natural Disasters Database) [1] разработана для решения задач, ориентированных на изучение причинно-следственных связей этих процессов на основе информационной базы, содержащей данные импактного каталога Земли [2], каталога вулканов, глобальных каталогов землетрясений, а также массивы значений теплового потока, гравитационного поля и глубинной томографии Земли. Для визуализации и исследования этих данных создана методическая база на основе методов физико-математического анализа и геоинформационно-экспертных подходов к их интерпретации.

Одним из методов анализа сейсмологических данных является процедура построения линеаментов, позволяющая по распределению землетрясений выявлять активные разломы любого ранга вплоть до межплитных границ. Исследование пространственной взаимосвязи линеаментов с аномалиями геофизических полей, космогенными палео-структурами и вулканами позволяет интерпретировать комплекс данных с точки зрения создания моделей геодинамики литосферы. Реализованный в GIS-ENDDDB алгоритм построения линеаментов глобального ранга основан на принципе наименьшего действия, предписывающем разрушение среды по сегментам большого круга Земли [3], если разрыв достигает мантии.

На основе этого алгоритма по крупным землетрясениям Центральной Азии ($M \geq 6.5$, на временном интервале 2250 лет) выявлена центрально-ориентированная система глобальных линеаментов, наиболее протяженные из которых – “Альпийско-Центрально-азиатский” (АЦ) (соответствующий Альпийско-Гималайскому сейсмическому поясу) и “Афро-Байкальский” (АБ) (соответствующий Внутриазиатскому горному поясу) [3]. Центром крестообразного схождения линеаментов этой системы является Памиро-Гиндукушская сейсмофокальная зона (ПГЗ) – уникальная для континентальных условий узко-локализованная глубинная область, где при отсутствии видимых соответствий в структуре региона [4] происходят тысячи землетрясений в год с максимальной плотностью событий на глубинах 200-250 км.

“Афро-Байкальская” дуга большого круга простирается от Африканского Рога до Байкальской рифтовой зоны, предположительно оконтуривая границу косоугольного схождения Евроазиатской плиты с Индокитайским агломератом, однако существование этой разломной границы вызывает споры, поскольку АБ-линеамент сечет большое множество известных разломов субширотного и северо-западного простирания (особенно, в области Монгольского Алтая). По мнению автора, это кажущееся противоречие связано с разным масштабом этих структур: глобальный линеамент должен соответствовать глубинному межплитному разлому в литосфере, а перечисленные поперечные разломы являются его производными в более хрупком верхнем слое земной коры. Не исключено также наложение других геологических процессов в Алтае-Саянской складчатой области, усложняющих первоначальную картину, однако прогнозировать сильные внутриконтинентальные землетрясения, возникающие на поперечных разломах этой области (например, Чуйское событие: 27.9.03; $M_s = 7.5$), можно и нужно с точки зрения их связи с активностью описанного глобального линеамента.

Для исследования упомянутых выше глубинных сейсмогенных структур (Памиро-Гиндукушского «сейсмического гвоздя» [4], вероятной “Афро-Байкальской” межплитной границы и т.д.) в GIS-ENDDDB были включены данные глубинной томографии [5], которые позволили не только подтвердить существование глубинной разуплотненной разломной зоны на протяжении АБ-линеамента, но и дать дополнительные аргументы для предлагаемой

автором триггерной модели взаимосвязи геодинамического режима глубинной активности ПГЗ и “Афро-Байкальского” глубинного разлома.

Кроме приуроченности АЦ- и АБ-линеаментов линейной отрицательной аномалии поля скоростей S-волн, проявившейся на глубинах $H=35-80$ км, данные глубинной томографии выявили соответствие ПГЗ вершине Λ -образной (в плане) аномалии повышенных значений скоростей, имеющей (на $H \geq 175$ км) локальный максимум в точки ПГЗ и оконтуривающей с севера клинообразный край Индийской плиты в области Индо-Евразийской коллизии. Начиная с $H=175$ км эта Λ -образная аномалия (с длиной крыльев 900 км – в ЮЗ направлении и 1100 км – в ЮВ и углом между ними чуть меньше 90°) проявляется на фоне основного массива повышенных скоростей мощностью ~ 150 км (охватившего, начиная с $H=55$ км, пригималайский край Индийской плиты, с $H=125$ км – расширившегося на 500 км к северу, и уже на $H \sim 200$ км имеющего подошву). На $H > 200$ км, Λ -образная положительная аномалия уходит вглубь от массива, теряя с глубиной свою интенсивность (с 10% до 0.4%), сохраняя, однако, вплоть до $H=700$ км не только свою форму, но и две точки локальных максимумов: в ПГЗ и, с наибольшими значениями, в своей восточной оконечности (в ЮЗ области Серединного Тибета). Субвертикальный характер и 700-километровая глубина проявления Λ -аномалии не позволяют связать её с фронтом надвигающегося края литосферной плиты.

Таким образом, активность Памиро-Гиндукушского «сейсмического гвоздя» [4] приурочена в нижней своей части к одному из локальных максимумов Λ -образного сверхплотного образования аномально большой мощности, а в верхней своей части – к точке пересечения глубинных (до 80 км) разломных зон пониженной плотности субширотного и ЮЗ-СВ простирания. Это может свидетельствовать о существовании локального очага распорной активности на глубинах 200-250 км. Наиболее вероятно, что происхождение этого очага экзогенное (ударное) с первоначальным привнесом извне огромной массы сверхсжатого (в процессе кумулятивного проникновения) материала [6] (не исключено, что образование острого клинообразного края Индийской плиты, как и глобальных линеаментов, также связано с этим ударом). Дальнейшее перемещение материала из этого сжимаемого плитой очага вызывает уплотнение пород в нижнем направлении и вспучивание пород – в верхнем. Перенос вещества в верхние слои литосферы активизирует глубинные, а затем и поверхностные разломы, вызывая сначала мантийные, а затем и коровые землетрясения.

Подтверждением описанного триггерного механизма может служить Чуйское землетрясение, за полтора года до которого в ПГЗ произошло, согласно ISC, три крупнейших землетрясения (1-3.3.2002: с $M=6.9-7.4$) на глубинах $H \geq 195$ км, после чего до 2005 года по сильнейшим глубинным событиям в ПГЗ наступило затишье. При этом за месяц до Чуйского события активизировалась северная (от Алтая до Байкала) ветвь АБ-линеамента – кластер событий с $M \geq 3$, который явился краткосрочным предвестником Чуйского землетрясения.

Литература

1. Михеева А.В. Геоструктурные элементы, выявляемые математическими алгоритмами и цифровыми моделями геоинформационно-вычислительной системы GIS-ENDDB. – Новосибирск: Омега Принт, 2016. – 300 с. (elibrary.ru/item.asp?id=27622389).
2. Mikheeva A.V., 2008. The new data of “Catalogue of the Earth’s impact structures” // *Geoch. et Cosmoch. Acta. – Suppl.1. S19 (July 2008). – No. 72 (12). – P. A627-A627.* (DOI: 10.1016/j.gca.2008.05.016; URL: labmpg.sccc.ru/impact/).
3. Kalinnikov I.I., Mikheeva, A.V. Algorithms of building lineaments in the program GIS-ENDDB // *Bull. NCC, Ser. Math. Mod. in Geoph. – 2016. – No. 13. – P. 1-9.*
4. Шевченко В.И., Добровольский И.П., Лукк А.А. Деформация одноосного удлинения и аномальные механизмы очагов землетрясений в земной коре Таджикской депрессии // *Геофизич. исслед. – 2010. – Т. 11. – № 1. – С. 15-26.* (elibrary.ru/item.asp?id=13860879).
5. Schaeffer A.J., Lebedev S.1. Global shear speed structure of the upper mantle and transition zone // *Geoph. J. Int. – 2013. – No. 194. – P. 417-449.* (DOI: 10.1093/gji/ggt095).
6. Баренбаум А.А. Галактоцентрическая парадигма в геологии и астрономии. – М.: Изд. Дом «ЛИБКОРОМ», 2010. – 544 с. (devel.center.ru:8881/ipng-web/publications/articles/2741).

ДИНАМИКА КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ПРОНИЦАЕМЫХ ЧАСТЯХ СЕЙСМОФОКАЛЬНЫХ ЗОН КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА И СОПРЯЖЕННЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ДУГ

¹Перепечко Ю.В., ¹Сорокин К.Э., ¹Шарапов В.Н., ²Михеева А.В.

¹perer@igm.nsc.ru, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия
²anna@omzg.sscc.ru, Институт вычислительной математики и математической геофизики
СО РАН, Новосибирск, Россия

В докладе рассмотрена неизотермическая модель гидродинамического прогрева литосферных пород над магматическими очагами на примере областей сейсмофокальной зоны Камчатского региона и сопряженных с ним вулканических дуг. Рассмотрены особенности конвективного прогрева мантийных и коровых пород в такого рода системах с преобладанием сжимающих напряжений и проанализировано влияние этих особенностей на динамику их метасоматического преобразования и конвективного плавления.

Интерес к исследуемой проблеме возник в связи анализом природы месторождений порфировой формации как палеосистем [Шарапов и др., 2012], аналогичных действующим флюидным системам в переходных областях Тихого океана [Sillitoe, 2010]. В существующих моделях указанных рудообразующих систем флюидный массоперенос определяется ретроградным кипением магм в мезоабиссальных интрузивных камерах. Анализ временных характеристики формирования и цикличности проявления месторождений порфировой формации активных окраин Тихого океана [Singer et al., 2008, Шарапов и др., 2013] показал, что более 70% описанных месторождений формируется при участии мантийно-коровых рудно-магматических систем. При формулировке математической модели необходимо учитывать данные по тектонофизическим характеристикам мантийно-коровых систем современных вулканических дуг. В докладе учтены данные по динамике и структуре сейсмофокальной зоны Камчатки, Курильской островной дуги, данные по пространственной структуре и временным циклам формирования вулканических групп Японских островов [Kondo et al., 1998; Umeda et al., 2013]. Модель конвективного теплопереноса во флюидных мантийно-коровых системах, сопряженных с магматическими очагами, строится с учетом моделей конвективного теплообмена в земной коре [Модельный..., 2009; Шарапов и др., 2012]. Модели теплообмена в литосфере под континентальными и субмаринными вулканами учитывают основные эффекты межфазного взаимодействия в гетерофазных средах проницаемых зон над магматическими источниками флюидов.

Численное моделирование равновесной неизотермической динамики флюидных систем под вулканами фронтальной зоны Камчатки в области преобладания растягивающих напряжений рассмотрено в работе [Шарапов и др., 2017]. В сейсмофокальной области в зонах меридионального сдвига (глубина источников флюидов более 100 км, начальная температура магматогенных флюидов $1000 \div 1200^\circ\text{C}$) обнаружено наличие измененных ультрабазитов в метасоматической зональности и фациальных изменений в соотношениях минералов верлитизированных пород. В мантийном клине, над которым в постмиоценовый этап геодинамической северо-западной окраины Тихого океана развивались эпиконтинентальные вулканические дуги, возможно совмещение продуктов разновременных и разноуровневых магматических систем в одних и тех же проницаемых зонах перехода «земная кора – литосферная мантия». Так, в рудном месторождении порфировой формации одного из Алеутских островов описано проявление последовательно развивавшихся типов рудно-магматических систем от задугового бассейна типа Мануса до эпиконтинентальных вулканических структур бимодальных серий [Антонов, 2006]. Согласно модели [Эрлих, Кузьмин, 2016] «кратонизация» основных вулканогенных разрезов континентальной земной коры в системах, характерных для постмеловой истории Камчатки, должны проходить по схеме «метасоматической гранитизации», начальным элементом которой является верлитизация ультрабазитов мантийного клина. Поэтому процессы равновесной метасоматической

дебазификации пород мантийного клина исследованы в модели флюидных систем с использованием приближения проточного многорезервуарного реактора [Чудненко, 2010]. В сейсмоактивных областях литосферы зона перехода Тихого океана должна обеспечивать проявление специфических условий прогрева зон повышенной проницаемости над мантийными магматическими источниками флюидов. Метасоматические колонки в таких флюидных системах могут иметь не менее трех уровней конвективного плавления метасоматизированных субстратов мантийного клина, а также область высокотемпературной флюидной переработки базитовых интрузивов в земной коре. В докладе показаны некоторые из отмеченных эффектов при метасоматической переработке пород мантийного клина. Для более полного описания метасоматической переработки деплетированных ультрабазитов мантийного клина необходимо использование более полных баз данных термодинамических характеристик минералов в породах литосферной мантии, что обеспечит более полное описание формирования магматических очагов в литосферной мантии и связанных с ними рудообразующих систем порфировой формации.

Литература

1. Шарапов В.Н., Лапухов А.С., Гузман Б.В., Черепанова В.К. Влияние структуры флюидопроводников на динамику фазовых границ в магматогенном флюиде при формировании месторождений Южной Камчатки // Геол. геофиз. – 2012. – Т. 53. – № 9. – С. 1095-1115.
2. Sillitoe R.H. Major gold deposits and belts of the North and South American Cordillera: distribution, tectonomagmatic settings, and metallogenic considerations // Econ. Geol. – 2008. – V. 103. – No. 4. – P. 663-687.
3. Singer B.S., Jicha B.J., Harper M.A., Narinjo J.A., Lara L.E., Moreno-Roa H. Eruptive history and magmatic evolution of the Puyehue-Corden Caullo volcanic complex, Chilli // Bull. Geol. Soc. Amer. – 2008. – V. 120. – No. 506. – P. 559-618.
4. Шарапов В. Н., Лапухов А.С., Смолянинова Л.Г. Временные характеристики развития вулканоплутонических рудно-магматических систем окраин Тихого океана // Геол. геофиз. – 2013. – Т. 54. – №1. – С. 1357-1373.
5. Kondo H., Kaneko K., Tanaka K. Characterization of spatial and temporal distribution of volcanoes since 14Ma in the Northeast Japan arc // Bul. Volc. Soc. Japan. – 1998. – V. 43. – No.4. – P. 173-180.
6. Umeda K, Ban M., Hayashi S., Kusano T. Tectonic shortening and coeval volcanism during the Quaternary, Northeast Japan arc // J. Earth Syst. Sci. 2013. – V.122. – No.1. – P. 137-147.
7. Модельный анализ развития континентальных мантийно-коровых рудообразующих систем. – Ред. Г.В. Поляков. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 399 с.
8. Шарапов В.Н., Кузнецов Г.В., Тимина Т.Ю., Томиленко А.А., Чудненко К.В. Численное моделирование неизотермического метасоматического преобразования ультрабазитов мантийного клина под Авачинской группой вулканов // Геолог. геофиз. – 2017. – Т. 68. – № 5.
9. Антонов А.Ю. Вещественная зональность четвертичного вулканизма Курильской островной дуги и новые петрологические следствия // Литосфера. – 2006. – №1. – С. 22-44.
10. Эрлих Э.Н., Кузьмин Ю.Д. (2016). De rerum natura и большая теория // Unpublished. – С. 1-43. – URL: http://repo.kscnet.ru/2706/1/Ehrlich_Kuzmin2.pdf.
11. Чудненко, К.В. Термодинамическое моделирование в геохимии. – Новосибирск : Академическое изд-во Гео, 2010. – 287 с.

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДВУСТАДИЙНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАЙНИЦКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ (КОРЯКСКОЕ НАГОРЬЕ), ПО ДАННЫМ ПЕТРОГЕОХИМИИ И U-Pb ДАТИРОВАНИЯ; РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОЗРАСТА ЗОЛОТОСУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ КОРЯКСКОГО ХРЕБТА

¹Полин В.Ф., ²Аксёнов С.В., ³Разумный А.В., ¹Ханчук А.И., ²Волков Е.В.

¹vfpolin@mail.ru; axanchuk@mail.ru, ДВГИ ДВО РАН, Владивосток, Россия;

²aksenov_geo@mail.ru; geolog_ujin@mail.ru, ОАО «Георегион», Анадырь, Россия;

³rav0255@yandex.ru; ОАО «Северо-Восточное ПГО», Петропавловск-Камчатский, Россия

Центральная часть Корякского нагорья (Майницкий композитный террейн Корякского орогенного пояса) в последние годы изучена геолого-поисковым методом, однако вопросы хроностратиграфии и геодинамической истории этой территории во многом остались открытыми.

В этом контексте, нами было впервые проведено U-Pb (SHRIMP-II) прецизионное датирование и петрогеохимическое изучение андезитового туфа из состава островодужных пород Майницкого террейна, субвулканических андезидацита и дацита элекайского и гипабиссального плагиогранит-порфира золотоносного вилонейвеемского комплексов Корякско-Западнокамчатского вулканоплутонического пояса (КЗКВПП).

Время становления туфа андезита (101,6 Ma), прежде относимого к неокомовой островодужной тополёвской толще, приходится на поздний альб, по шкале [10]. Крайне континентально-поясовые дайки андезидацита и дацита, считавшиеся олигоценowymi, оказались среднемиоценовыми (14,9 и 15,6 Ma), что противоречит традиционным представлениям об олигоценовом возрасте элекайского комплекса КЗКВПП. Изотопная датировка вилонейвеемского плагиогранит-порфира оказалась также среднемиоценовой (15,2 Ma), согласующейся с взглядами предшественников [3, 4] на возраст этого комплекса.

Традиционно принимается, что Майницкий террейн сложен дислоцированными позднеюрскими окраинноморскими комплексами (образования аккреционной призмы) и неокомowymi вулканогенными породами Майницкой островной дуги, перекрытыми отложениями амальгамационной альб-туронской терригенной серии [1, 6-9 и др.]. По мнению других авторов [3, 4], «среднемеловые» толщи следует относить к мелководным отложениям преддуговой террасы ОЧВП. Из результатов наших работ следует, что островодужная толща на изученной территории не укладывается в рамки традиционных представлений о ней, ни по известково-щелочному составу слагающих ее пород, разнящимся с составом примитивно-островодужных вулканитов из стратотипа тополёвской толщи [2, 9; Ставский и др., 1987; и др.], ни по возрасту. Нельзя её параллелизовать и с терригенной альб-туронской серией, поскольку слагающие толщу породы – не терригенные, а вулканогенные пирокластические, зрело-островодужного надсубдукционного геохимического типа. Относить их к производным начальных стадий формирования ОЧВП также не представляется возможным, поскольку область распространения пород толщи смещена в направлении океана относительно рассчитанных выходов палеосейсмофокальной зоны ОЧВП.

Все это позволило предположить принадлежность позднеальбских пирокластов к производным завершающего этапа Майницкого островодужного вулканизма, непосредственно предшествовавшего отмиранию Дуги и, таким образом, увязать становление туфово-турбидитовой толщи с более поздним, чем «неоком», этапом деятельности Майницкой островной дуги. Это предположение вполне согласуется с представлением, что Майницкий террейн нарастил Азиатский континент только в конце позднего мела [7, см. рис. 8; Ставский и др., 1987 г.], и не противоречит данным [5] о том, что в северных и северо-восточных секторах процесс формирования ОЧВП начался не в апте-альбе, как в юго-западном его фрагменте, а в сеномане – начале турона.

Правомерность помещения верхней возрастной границы КЗКВП в миоцен [3, 4; Ставский и др., 1987 г.], казалось бы, подтверждаемая полученными данными, остается под вопросом, поскольку наблюдается значимый, свыше 8 млн лет, разрыв между масштабными проявлениями типичного элекайского вулканизма (23-25 Ma) и временем образования изученных магматитов (14,9-15,6 Ma). Пока можно высказать лишь предположение о том, что здесь мы имеем дело с представителями постсубдукционного? магматизма, переходного к магматизму обстановки скольжения литосферных плит.

Впервые полученные прецизионным методом результаты изотопной периодизации, совместно с материалами геологических наблюдений и петрогеохимическими данными, дают возможность полагать, что в пределах изученного фрагмента Корякского нагорья отсутствуют или слабо проявлены отложения примитивно-островодужной неокомовой толщи, отмеченные в северо-восточной части нагорья, но широко развиты известково-щелочные (зрело-островодужные) туфовые и туфово-турбидитовые образования позднего альба. Это позволяет расширить временной диапазон становления Майницкой островной дуги от раннего неокома до позднего альба и предположить двустадийность ее формирования: от стадии примитивно-островодужной в неокоме до зрело-островодужной – в апте-альбе.

Материалы изотопно-геохронологического изучения неогеновых умереннокислых субвулканитов и плагиигранита указывают на возможность объединения их в постсубдукционный? полигенный комплекс среднемиоценового возраста.

Прецизионным изотопно-геохронологическим методом в Корякском хребте решена проблема возраста оруденения золотосульфидного типа, парагенетически связанного с проявлениями среднемиоценового вилюнейвеевского комплекса.

Авторы искренне признательны С.Д. Соколову за высказанные замечания и пожелания. Работа выполнена при частичной поддержке гранта ДВО-РФФИ 15-И-2-002.

Литература

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2 кн. / под редакцией А.И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – С. 1-572 + цв. карта.
2. Злобин С.К., Ставский А.П., Березнер О.С., Минин Д.А. // Геохимия. – 1989. – № 1. – С. 113-124.
3. Малышева Г.М. Легенда Корякской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 / ред. И.М. Мигович / Анадырь : ФГУГП «Георегион», 1999.
4. Малышева Г.М., Исаева Е.П., Тихомиров Ю.Б., Вяткин Б.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист Q-59 – Марково. Объяснительная записка. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2012. – 226 с. + 1 вкл.
5. Сахно В.Г., Полин В.Ф., Акинин В.В. и др. // ДАН. – 2010. – Т. 434. – С. 365-371.
6. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. – М. : Наука, 1992. – 181 с.
7. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника (современное состояние проблемы) // Геотектоника. – 2003. – № 1. – С. 3-18.
8. Соколов С.Д., Крылов К.А. Структурированные серпентинитовые меланжи Корякско-Камчатской складчатой области // Геотектоника. – 2010. – № 1. – С. 52-68.
9. Ставский А.П., Березнер О.С., Сафонов В.Г., Злобин С.К. // Тихоокеанская геология. – 1989. – № 3. – С. 72-80.
10. Gradstein F.M., Ogg J.C., Smith A.G. A geological time scale, 2004. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2004. – 589 p.

ПОТЕПЛЕНИЕ НА МАРСЕ

Портнов А.М.

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Данные по изотопии льда Антарктиды за последние 800.000 лет показывают периодичность изменений климата, связанную не с техногенными выбросами CO_2 , а с космическими причинами. Фото Марса, опубликованные НАСА, показывают, что в последние тысячелетия интенсивное потепление происходит и на Красной планете. Наиболее сильно эти процессы проявлены в грандиозном ущелье Маринер. Эта прямая промоина длиной 4000 км достигает глубины 10-12 км.

Здесь существуют относительно плотная атмосфера и более теплый климат. В верховьях ущелья, на плоскогорьях видны глубокие сухие долины рек и своеобразные гигантские горы до 26 км высотой, внешне напоминающие щитовые вулканы Гавайских островов. Видны также снятые зондом «Викинг-2» следы гигантских наводнений.

Глубокие долины дают возможность составить наиболее полный геологический разрез верхней части коры Марса. На снимках, сделанных зондом «Викинг-2» в нижней части разреза глубиной 6-7 км видны скальные коренные породы (очевидно, базальты), перекрытые толщей осадочных пород и песчано-глинистой корой выветривания. В долине выделяются уступы нескольких речных террас.

Ущелье Маринер впадает в глобальную депрессию в районе Южного полюса, где накапливаются железистые пески, нередко в виде огромных дюн. Марсианский грунт по данным трех марсоходов (более 100 анализов) состоит (мас.%) из оксидов и гидроксидов железа – 12-16; кремнезема – 13-15; глинозема – 9-12; двуокиси титана – 1,5-2; MgO – 7-8; CaO – 3-8; SO_3 – 5-8; Cl – 1; присутствуют в различных количествах Ni , Cr , Mn , Na , K , Br , V .

Сходные анализы получены марсоходами «Спирит», «Оппортюнити», «Кьюриосити» в различных удаленных друг от друга районах, расположенных на высоких плоскогорьях или внутри крупных метеоритных кратеров – Гусева и Гейла. Эти факты свидетельствуют о большой мощности красноцветной коры выветривания, а также о глубокой пропитке рыхлых пород легкорастворимыми типично морскими солями, среди которых, согласно анализам, преобладают сульфаты магния, галит, гипс.

Минералы – лимонит, гематит, маггемит, ферримонтмориллонит, галит, гипс, пиролюзит. По нашим подсчетам, для возникновения такой коры выветривания мощностью 1 км требуются 5-6 тысяч триллионов тонн свободного кислорода, обилие воды, теплый климат. Для сравнения: в атмосфере Земли – 1200 триллионов тонн кислорода. Грунт похож на красноцветные коры выветривания базальтов Земли, богатых титаном, но обильно пропитанных морской водой с сульфатами, хлоридами, бромиды, боратами.

Маггемит открыт нами в большом количестве в Сибири и, по нашему мнению, связан с крупнейшей в России Попигайской астроблемой. В этом магнитном минерале избирательно накапливается гамма-излучатель торий – до 50 г/т. Присутствие маггемита в речных отложениях Восточной Сибири создает локальные магнитные аномалии, отличающиеся повышенной радиоактивностью.

Мозаично-пятнистое слабое (в 800 раз слабее земного) магнитное поле Марса, по нашему мнению, также связано с астероидной бомбардировкой, прокалившей красноцветы Марса и частично превративших лимонит в маггемит. С этим минералом на Марсе, видимо, также связано повышенное гамма-излучение, характерное для высоких плоскогорий и валов, окружающих метеоритные кратеры.

Наиболее сильно магнитные и ториевые аномалии здесь проявлены вокруг крупнейшего кратера Марса диаметром 600 км, расположенного в депрессии у Южного полюса. Думаю, спутник размером с Фобос или Деймос с низкой орбиты Марса прошел предел Роша и рухнул в океан, выбросив его на поверхность планеты, пропитав соленой водой железистую кору выветривания и превратив немагнитный лимонит в магнитный маггемит. Глубокая

пропитка морскими солями обусловила специфику развития криолитозоны Марса, в которой сульфатно-хлоридные растворы натрия и магния замерзают при низкой температуре.

В ущелье Маринер относительно теплый климат, в сочетании с общим потеплением, вызвал интенсивное таяние вечной мерзлоты. Здесь развит оползневой рельеф в невиданном размере. С обрывов ущелья падают грандиозные стены оттаявших пород высотой 5-6 км. Цементирующий лед в нижней теплой зоне ущелья тает. Здесь идет процесс солифлюкции – растекание мерзлого грунта в виде жидкой грязи, заполняющей дно на глубину в сотни метров. Здесь видны мощные водные потоки, текущие от тающего льда.

В верховье ущелья оползни образуют оползневые ландшафты, причем на склонах ущелья видны следы потоков соленой воды, замерзающей при низкой температуре. Эти процессы – свидетельство обилия воды (в виде льда). Масса воды вместе с ледяными океанами и замороженным грунтом образует мощную, до 15 км, криолитозону Красной планеты.

Горы на Марсе принято называть вулканами. Гора Олимп имеет высоту 26 км и диаметр 600 км. Фото НАСА показывают, что эти горы... тают. Ледяные склоны гор рушатся многокилометровыми пластами и исчезают в потоках воды. «Вулканы» состоят из льда и огромных каменных глыб и окружены скально-ледовыми ореолами. Они не проявляются, как положительные аномалии, в геофизических полях – ни в гамма-поле, ни в магнитном поле. Так ведет себя лед. Выходит, эти горы – порождение марсианских гейзеров, вертикальных очень мощных фонтанов горячей или теплой воды.

В условиях разреженной атмосферы даже холодная вода здесь кипит. Вода поднимается по ледяному каналу не только за счет глубинного давления, но и под действием пузырей пара выталкивающих воду. Вокруг растущей ледяной трубы вода растекается в разные стороны, как жидкая базальтовая лава вулканов на Гавайских островах.

Напомню, что самый мощный гейзер Земли под названием Ваймангу в Новой Зеландии фонтанировал в начале XX века на высоту 450 м, Вместе с водой он выбрасывал многочисленные каменные глыбы. Надо учитывать, что сила притяжения на Марсе составляет лишь 0,38 притяжения Земли, что усиливает фонтанирование гейзеров.

Рекордсменом по мощности гейзеров в Солнечной системе сейчас является спутник Сатурна Энцелад диаметром 500 км, имеющий, как на Европе, спутнике Юпитера, ледяную кору. Космический зонд «Кассини» установил на Энцеладе водно-ледяные гейзеры высотой до сотни километров. Они возникают за счет сильного гравитационного воздействия Сатурна.

Объем воды, выброшенной для создания одного только Олимпа, составляет, по нашим подсчетам, около 5 миллионов кубических километров. Эта цифра превосходит объем Каспийского моря в 60 раз, она соответствует объему воды, переносимой Волгой за 20 тысяч лет. Это значит, что на Марсе существуют целые подземные моря.

Выводы: На Красной планете было и осталось много воды, климат здесь теплеет, как и на Земле. Мы, земляне, вместе с возможными марсианами, совместно проживаем очередной интергляциал, видимо, связанный с повышенной активностью Солнца. Значит, энергия излучения нашего светила возрастает. Пока, до очередного оледенения.

Литература

1. Портнов А.М. Апокалипсис на Марсе. Реальная космическая трагедия. – Екатеринбург : Изд-во «RIDERO», 2016. – С. 217.
2. Портнов А.М. Как погибла жизнь на Марсе // Наука и жизнь. – 1999. – №4. – С. 92-96.
3. Портнов А.М., Федоткин А.Ф. Маггемит, как причина аэрогеофизических аномалий-помех // Разведка и охрана недр. – 1986. – № 4. – С. 45-47.
4. Портнов А.М., Коровушкин В.В., Якубовская Н.Ю. Стабильный маггемит в коре выветривания Якутии // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 295. – № 1. – С. 196-197.
5. Портнов А.М. Маггемитовые красные цветы – индикаторы «астероидных атак» // Известия ВУЗов. Сер. Геология и разведка. – 1998. – № 3. – С. 145-150.
6. Портнов А.М. Магнитная пыль космических катастроф // Земля и Вселенная. – 1998. – № 5. – С. 75-81.

ЭКОЗОНЫ ТРИАСА И ЮРЫ ХРЕБТА ЭЛЬБУРС (ИРАН)

Садовников Г.Н., Комаров В.Н.

sadovnikov.gennady@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В Стратиграфическом кодексе России экозона рассматривается, как местный или провинциальный биостратон, разновидность комплексной зоны – одного из видов биостратиграфической зоны. Значимость экозоны и вообще экостратонов занижена. Экостратоны могут быть не только местными, но и региональными, и планетарными. Экозоны можно использовать для межрегиональной корреляции и построения региональных и общей шкал. Именно региональные шкалы, состоящие из экостратонов, отражают время, реально существующее в природе (Эйнштейна), а не построенное (Ньютона) (Садовников, 2016).

Термин «экозона» появился не так давно, но по сути экостратонами являются стратоны, которые еще в первой половине XX века выделили Н.И. Андрусов (Андрусов, 1919) в Понто-Каспийском неогене и Р.Ф. Геккер и его сотрудники в девоне Главного девонского поля (Геккер и др., 1941) и палеогене Ферганы (Геккер и др., 1952). Приближаются к ним по содержанию стратоны, которые установили А.П. Иванов в карбоне Центральной России (Иванов, 1926, 1928) и С.Г. Горелова в карбоне и перми Кузбасса (Горелова и др., 1973).

В неморских отложениях карбона – юры севера и центра Евразии выделено 13 экозон (Садовников, 2013). Пока лишь три экозоны верхов перми и низов триаса описаны в соответствии с требованиями Стратиграфического Кодекса (Садовников, 2014). При описании экозон использована методика доминант-анализа (Садовников, 2010, 2011). В неморских отложениях мезозоя Ирана было предложено выделить две экозоны: *Yuccitesuralensis* ... *Neocalamiteshoerensis* (верхний триас) и *Pityophyllumlongifolium* ... *Equisetumbeanii* (юра) с двумя подзонами в каждой. (Садовников, 2013).

В верхнем триасе Северного Ирана может быть выделена экозона *Yuccitesuralensis* ... *Costatoriaverbeeki*. Установлены флористические ассоциации равнинного уровня седиментации донные морские сообщества. На склонах доминантами древесного яруса являлись *Yuccitesuralensis* Pryn., *Pagiophyllumperegrinum* (Lindl. etHut.), *Podozamiteschenkii* Heer. В кустарничковом ярусе склонов доминировали *Pterophyllumbavieri* Zeil., *Taeniopterismikhailovii* Sadovn., *Otozamitesashtarensis* Barn., *Pterophyllumbranianum* Schenk, в травянистом покрове склонов – *Hurcanopterisleclerei* (Zeil.). В травянистом покрове низин доминировали *Neocalamiteshoerensis* (Schomp.), *Equisetitesarenaceus* (Jaeg.). Донные морские сообщества известны только внизу и представлены *Costatoriaverbeeki* (Boettg.), *Palaecocarditacf. munita* (Stopp.), *Myophoriaaaff. inplate* Emmr., *Gervilliaaaff. angelini* Lindgr., *G. aff. haloensis* Mans., *G. cf. shaniorum* Heal.

В нижней юре может быть выделена экозона *Pityophyllumlongifolium* ... *Phymatoceras*. В древесном ярусе верхних частей склонов доминировали *Pityophyllumlongifolium* Nath. В кустарничковом ярусе склонов доминировали и кодоминировали *Nilssonia obtusa* Nath. В травянистом покрове склонов доминировали *Marattia intermedia* Muenst. и *Pseudotorellia*, иногда *Cladophlebis denticulata* (Brongn.). В травянистом покрове низин доминировали разнообразными членистостебельными, преимущественно *Equisetumbeanie* (Bunb.). В морских нектонных сообществах внизу известны тоарские *Phymatoceras* sp.

В средней юре может быть выделена экозона *Pityophyllumlongifolium* ... *Ludwigia* (*Ludwigella*) *rudis*. Не морские растительные сообщества принадлежали равнинному уровню седиментации и обладали значительным сходством с раннеюрскими. В древесном ярусе верхних частей склонов также доминировали *Pityophyllumlongifolium* Nath. В нижних частях склонов иногда доминировали *Podozamiteslanceolatus* (Lindl. etHut.). В кустарничковом ярусе склонов доминировали и кодоминировали *Nilssonia vittaeformis* Pryn., *N simplex* Oisi, *Ptilophyllum pecten* (Phyll.). В травянистом покрове склонов по-прежнему доминировали и кодоминировали *Marattia intermedia* Muenst. и *Pseudotorellia*, в травянистом покрове низин – членистостебельными. Донные морские сообщества представлены внизу байосскими *Cucullaeaaff. clathrata* Leck., *C. subdecussata* (Goldf.), *Astartecf. elliptica* Sibir., *A. cf. minima* (Phil.),

выше батскими *Myophorella aff. eichwaldi* Savel., *M. cf. signata* Agass., *M. vnigri* Savel., *Pleuromyach. jurassi* Agass., *P. cf. omalina* Terq. et Jour., *Astartecf. minima* Phil., *A. cf. ortogonalis*, *Macrodoncf. nikchitchi*, *Cypricardiacf. acuticarinata*, *Psammobiacf. angusta*, *Lucinacf. bellona* Orb. Нектонные сообщества представлены ааленскими *Leiocerascostosum* (Querst.), *L. subcostosum* Buckm., *L. comptum* (Rein.), *Pseudammatocerassubinsigne* (Oppel), (внизу), *Ludwigia* (*Ludwigella*) *rudis* (Buckm.) (вверху).

Работа выполнена при поддержке РФФИ.

Литература

1. Андрусов Н.И. Взаимоотношения Эвксинского и Каспийского бассейнов в неогеновую эпоху // Изв. РАН. – 1919. – № 8
2. Геккер Р.Ф. Отложения, фауна и флора Главного девонского поля // Фауна Главного девонского поля. – Т. 1. – М. : Изд-во АН СССР, 1941.
3. Геккер Р.Ф., Осипова А.И., Бельская Т.И. Ферганский залив палеогенового моря, история его развития, осадки, фауна и флора и условия ее обитания // Бюл. МОИП. Отд. геол. – Т. 27. – 1952.
4. Иванов А.П. Средне- и верхнекаменноугольные отложения Московской губернии // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1926. – Т. 4. – Вып. 1, 2.
5. Иванов А.П. Нижнекаменноугольные отложения Московской губернии // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1928. – Т. 5. – Вып. 1.
6. Горелова С.Г., Меньшикова Л.В., Халфин Л.Л. Фитостратиграфия и определитель растений верхнепалеозойских угленосных отложений Кузнецкого бассейна // Труды Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья. – Вып. 140. – Части 1, 2. – Кемеровское книжное издательство, 1973. – 168+120 с.
7. Садовников Г.Н. Начала палеоэкологии. – М. : РГГРУ, 2010. – 69 с. – URL: http://mgri-rggru.ru/fondi/libraries/index.php?ELEMENT_ID=2653.
8. Садовников Г.Н. К методике полуколичественного и количественного анализа неморских палеоэкосистем палеозоя и мезозоя // Палеонтологический журнал. – 2011. – № 1. – С. 97-104, DOI: 10.1134/S003103011101014X.
9. Садовников Г. Н. Неморские экозоны палеозоя и мезозоя севера и центра Евразии // XI Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле»: доклады. – Т. 1. – М. : МГРИ-РГГРУ. – 2013. – С. 87-89.
10. Садовников Г.Н. Экозоны неморских отложений вишкельского – индского ярусов Средней Сибири // Палеоботанический временник. Приложение к журналу «*Lethaea rossica*». – Вып. 1. – ГЕОС, 2013. – С. 70-73.
11. Садовников Г.Н. Неморские экозоны карбона, перми, триаса и юры севера и центра Евразии // Изв. ВУЗов. Сер. Геология и разведка. – 2013. – №. – 6. С. 91-94. Georef preview database – search Record ID 0678338012.
12. Садовников Г.Н. Экозона *Elatocladus linearis* ... *Cornivosini* верхней перми // Изв. ВУЗов. Сер. Геология и разведка. – 2014. – № 1. – С. 5-10. Georef preview database – search Record ID 0678348001.
13. Садовников Г.Н. Экозона *Quadrocladus pachyphyllum* ... *Echinolimnadiamattoxi* в пермо-трасовых вулканитах Средней Сибири // Изв. ВУЗов. Сер. Геология и разведка. – 2014. – № 3. – С. 5-11. Georef preview database – search Record ID 0678416001.
14. Садовников Г.Н. Экозона *Quadrocladus pachyphyllum* ... *Prilukiella tomiensis* вятского яруса верхней перми // Изв. ВУЗов. Сер. Геология и разведка. – 2014. – № 6. – С. 6-12. Georef preview database – Record ID 0697943001.
15. Садовников Г.Н. Роль экостратонов в построении стратиграфических шкал // Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал России : мат-лы Межведомственного рабочего совещания, Санкт-Петербург, 17-20 октября 2016 г. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2016. – С. 146-148.

СТРАТИГРАФИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ШИРАКСКОЙ ВПАДИНЫ (С-З АРМЕНИЯ)

Шалаева Е.А., Соколов С.А., Трифонов В.Г.
sokolov-gin@yandex.ru, ГИН РАН, Москва, Россия

Территория Армении располагается в пределах Аравийско-Кавказского сегмента Альпийско-Гималайского коллизионного пояса, испытывающего значительные, быстрые поднятия с конца миоцена, фаза наиболее активного воздымания данного региона приходится на миоцен-квартер. Определяющим фактором формирования новейшей структуры Армении, в частности ее северо-западных областей, являются коллизионные процессы, которые обусловили развитие крупных линейных поднятий и разделяющих их межгорных впадин северо-западного протирания, отвечающего ориентации всех важнейших структур Большого и Малого Кавказа. С этими же процессами связано формирование крупных разрывных нарушений аналогичного простирания и позднекайнозойских приразломных впадин. Под косым углом к структурам коллизионного сжатия располагается субмеридиональное Транскавказское поперечное поднятие (ТКПП) [4, 6], представленное на территории Армении комплексом новейших вулканических образований вулкана Арагац, его окрестностей и Джавахетского нагорья. Существует мнение, что природа данного поднятия не связана с коллизионными процессами, а является результатом глубинных процессов магмаобразования [4, 6]. Ширакская впадина обрамляет ТКПП с запада, и изучение ее стратиграфии и тектоники может уточнить понимание его природы.

Для изучения строения Ширакской впадины был применен обширный комплекс методов. Он включает в себя детальное описание разрезов, палеомагнитное опробование литологическое и петрохимическое сопоставление пород, К-Аг и ^{238}U - ^{206}Pb датирование туфов и лав, палеонтологический, включая спорово-пыльцевой анализ, и археологическую характеристику отложений, геоморфологический и сейсмоструктурный анализ, определение соотношений структуры впадин с системой новейших разломов, возникших при коллизионном взаимодействии плит и блоков литосферы, и с вулканическими проявлениями.

Основанием Ширакской впадины выступают деформированные вулканогенно-обломочные толщи эоцена с отдельными выходами палеозойских пород кристаллического фундамента. На описанном основании залегает вулканогенно-осадочная толща, признанная аналогом вохчабердской свиты, датируемая верхами миоцена (мессиний?) [5, 6]. Ее перекрывают озерные отложения позднего плиоцена [5, 6]. На рубеже 2,3 – 2,0 млн лет северная часть впадины была заполнена трахитовыми андезибазальтами, источником которых выступали вулканические центры Джавахетского нагорья [1, 6]. Примерно в это же время (ранний плейстоцен) в восточной части извергались андезибазальты вулкана Мец-Шараилер [6]. Данные вулканические образования подстилают осадочные породы Ширакской впадины.

Разрез осадочных отложений в описываемой впадине представлен тремя свитами: карахачской, анийской и арапийской. Контакты вложения, присутствующие на севере впадины, свидетельствуют о том, что карахачская свита древнее анийской, а та, в свою очередь, древнее арапийской [6]. Названные свиты перекрываются трахитовым туфом, имеющим местное название «ленинаканский», который по результатам К-Аг анализов датируется 0,7 – 0,6 млн лет [2, 6, 7].

Карахачская свита распространена преимущественно на севере впадины и сложена пролювиально-аллювиальными отложениями, местами присутствуют озерные накопления. В нижней и средней части разреза свиты найдены предметы каменной индустрии, которые датированы 1,9 – 1,75 млн лет [3]. Нижняя часть разреза намагничена нормально, в то время как верхняя часть – обратно. Это в совокупности позволяет сделать вывод о том, что свита накапливалась во время эпизода Олдувай и частично калабрия.

Отложения анийской свиты представлены преимущественно озерными накоплениями. Фаунистические находки указывают на возраст, отвечающий калабрию – низам

среднего плейстоцена. Аналогичные выводы позволяет сделать анализ палинологических спектров. Нижняя часть разреза имеет обратную намагниченность, внутри нее выделяются два интервала нормальной намагниченности, что указывает на принадлежность свиты верхам эпохи Матуяма. Верхи анийской свиты палеомагнитно охарактеризованы только в одном обнажении и имеют нормальную полярность, видимо, они соответствуют низам Брюнеса. В целом можно сделать вывод о том, что анийская свита накапливалась в интервале 1,25 – 0,7 млн лет.

Арапийская свита также имеет озерное происхождение. Ее разрез нормально намагнитчен и относится к палеомагнитной эпохе Брюнес, в данных отложениях найдены зубы мелких млекопитающих, позволяющие датировать толщу низами среднего плейстоцена. Малакофауна и данные споро-пыльцевого анализа подтверждают эти выводы. Почти повсеместно арапийская свита перекрыта «лениноканским» туфом, ограничивающим верхний возраст отложений. Таким образом наиболее достоверный интервал накопления данной свиты составляет 0,7 – 0,6 млн лет.

Вдоль северной границы Ширакской впадины развита Капская флексурная-разрывная зона, связанная с воздыманием Ширакского хребта, по данной структуре отложения карахачской свиты выведены на более высокий гипсометрический уровень, развитие зоны происходило длительное время, о чем свидетельствуют контакты вложения описанных свит и смещение осадконакопления к югу. С востока впадина ограничена другой флексурно-разрывной зоной, имеющей субмеридианальное простирание, ее формирование определено формированием и активным ростом ТКПП. Южная и западная границы впадины не имеют четкой тектонической приуроченности, и проводятся условно по подножиям крупных вулканических построек.

Таким образом, Ширакская впадина имеет явно тектоническое происхождение, о чем говорит ее длительное развитие и флексурно-разрывная природа северной и восточной границ впадины. Однако ее положение и геометрия не вписывается в структуру разломов, связанных с коллизионным сжатием Кавказского региона, вероятно, ее формирование и развитие связывается с ростом Транскавказского поперечного поднятия, обусловленного глубинными процессами перераспределения вещества.

Литература

1. Лебедев В.А., Бубнов С.Н., Дудаури О.З., Вашакидзе Г.Т. 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.
2. Лебедев В.А., Чернышев И.В., Якушев А.И. Время начала и продолжительность четвертичного магматизма Арагацкой неовулканической области (Малый Кавказ, Армения) // Докл. РАН. 2011. Т. 437, № 4. С. 808–812.
3. Любин В.П., Беляева Е.В. Новые данные о раннем палеолите Армении // Древнейшие обитатели Кавказа и расселение предков человека в Евразии. Тр. Ин-та истории материальной культуры РАН. 2010. № 35. С. 107–126.
4. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 483 с.
5. Саядян Ю.В. Новейшая геологическая история Армении. Ереван : Гитутюн, 2009. 357 с.
6. Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Тесаков А.С., Лебедев В.А., Любин В.П., Беляева Е.В., Трихунков Я.И., Колесниченко А.А., Авагян А.В., Латышев А.В., Ожерельев Д.В., Бачманов Д.М., Шалаева Е.А. Стратиграфия и археология нижнего и среднего плейстоцена позднекайнозойских впадин Северо-Западной Армении // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015 (в печати).
7. Чернышёв И.В., Лебедев В.А., Аракелянц М.М., Джрбашян Р.Т., Гукасян Ю.Г. Четвертичная геохронология Арагацкого вулканического центра (Армения) по данным K–Ar-датирования // ДАН. 2002. Т. 384, № 1. С. 95–102.

РОЛЬ ЭВОЛЮЦИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УРАНОВЫХ ОРУДЕНЕНИЙ (на примере Центрального Кызылкума)

Болтабоев Ж.М., Иноятв Ж.Н. (Научный руководитель Турсунметов Р.А.)
hydrouz@inbox.uz, boltaboev-1986@mail.ru, ГП «Институт ГИДРОИНГЕО»,
Ташкент, Узбекистан

Перспективы расширения сырьевой базы урана месторождений «песчаникового» типа связываются с проведением поисковых работ в пределах выделенных перспективных площадей. Следует отметить, что в настоящее время, в качестве сквозного поискового критерия используется развития зоны пластового окисления (ЗПО).

В этом аспекте для выявления рудных оруденений по площади, приуроченных к области выклинивания ЗПО, потребуется выполнения большего объема буровых работ. Как показывает практика, что развитие ЗПО по площади не в полной мере гарантирует наличия рудных оруденений по площади. В этих случаях привлечение других поисковых критериев как лито-фациальное гидрогеологическое, гидрогеохимическое условия требует также проведения дополнительного бурения.

В дальнейшем для направления поискового бурения по площади целесообразно разработать единый научно-методический подход к поиску и разведки урановых месторождений гидрогенного типа. Предлагается подход, основанный на последовательности и непрерывности геологических процессов, охватывающих с поверхности до глубинных горизонтов, участвующих при формировании уранового месторождения. В связи с этим формирование уранового месторождения гидрогенного типа можно рассмотреть исходя из эволюции тектонических структур, т.к. тектонические процессы тесно связаны с формированием урановых месторождений как региональном, так и локальном планах. В то же время развитие тектонических процессов носит унаследованный характер в условиях молодых платформ. С другой стороны другие геолого-гидрогеологические, геофизические процессы относительно тектонических движений носит подчиненный характер.

В качестве интегрированного поискового критерия может служить эволюция тектонических структур на основе новой концепции, основанной на изучении взаимопоследовательности, взаимосвязанности, взаимообусловленности геологических процессов при формировании рудных объектов в соответствии с динамическими режимами в эволюции земной коры. В поведении тектонической структуры во времени и в пространстве проявляются взаимопоследовательность, взаимосвязанность, и, наконец, взаимообусловленность геологических процессов. В поведении тектонических структур четко отражаются поисковые критерии: структурно-тектонические, литофациальные, гидрогеологические, а также гидрогеохимические барьеры. Поэтому тектонические структуры можно рассматривать в качестве интегрированного поискового критерия при прогнозировании рудных объектов.

В связи с изложенными результатами, ниже рассмотрим эволюцию тектонических структур на основе современной геодинамики, при изучении урановых оруденений гидрогенного типа на примере Центрально Кызылкумской ураново-рудной провинции.

Отметим что, при формировании урановых месторождений гидрогенного типа участвуют герцинские (Pz), альпийские (Mz) и неотектонические (N-Q) структуры в пределах указанной провинции.

Анализ многолетних исследований по Центрально-Кызылкумской ураново-рудной провинции показывает, что основанием тектонических структур, связанных с урановым оруденением гидрогенного типа, служат палеозойские отложения. Они представлены образованиями различных формаций.

В целом палеозойские отложения представлены сложнодислоцированными породами, прорванными интрузивами. По этой модели устанавливаются зоны уплотнения и разуплотнения, а также блоки поднятия и блоки опускания. В пределах отдельных блоков выявляются так называемые структуры растяжения, которые в последствии послужат по-

движной зоной и индикатором формирования уранового оруденения. С другой стороны по этому разрезу можно установить зоны испытывающие поднятие и опускание. Описанные особенности палеозойских отложений четко отражаются в поведении гравитационного и геомагнитного полей, так как структуры растяжения характеризуются пониженными значениями плотности и магнитной восприимчивости горных пород. Кроме того, разуплотненные зоны также сопровождаются снижением скорости сейсмических волн и удельного электрического сопротивления горных пород.

Ступенчатое блоковое строение вызвано за счет развития поперечных разломов, которые характерны для неотектонических структур. Таким образом, рудные тела приурочены сквозным зонам разломов или морфоузлам. Необходимо отметить, что сквозной характер разломов на дневной поверхности не всегда отмечается. Однако ступенчатое строение геологической среды отмечается в верхней части разреза, особенно в поведении литологических горизонтов неогенового периода. Блоковое строение рудной зоны практически отмечается скачкообразным изменением кровли этих горизонтов. Следовательно, при локализации рудных объектов наблюдаем развитие сквозных зон разломов от палеозойских до современных отложений. Таким образом, выполнение также морфоструктурного анализа разрезов позволит выявить область локализации рудных зон.

Следует отметить, что при развитии и формировании тектонических структур альпийского характера особую роль играют тектонические процессы, которые, относительно осадконакопления носят доседиментационный, конседиментационный и постседиментационный характеры. Урановые месторождения приурочены к отложениям верхнего мела, которые отличаются высокой проницаемостью.

Проницаемые рудовмещающие среды тяготеют к структурам растяжения, которые возникли за счет эпейрогенных тектонических движений. Также в пределах рудовмещающих зон наблюдается развитие структуры растяжения унаследованного характера пространственно совпадающие со структурой растяжения, которые были выявлены в палеозойских отложениях.

Особенность развития тектонических структур в этих периодах заключается в том, что они способствовали образованию проницаемых рудовмещающих сред, относящихся к динамическим фациям различного комплекса, которые отмечаются локальными аномальными изменениям электрокаротажа КС+ПС.

В дальнейшем, при изучении тектонической структуры последующего порядка, задача сводится к выявлению гидродинамической структуры инфильтрационных и эксфильтрационных потоков подземных вод, и динамических фаций, относящихся к различным фациальным комплексам. Указанные элементы могут быть установлены по результатам гидрогеологических исследований и результатам бурения. Кроме того, целесообразно изучение развития тектонических нарушений, которые приурочены к структуре растяжения, и в целом отражаются в поведении гравитационных и геомагнитных полей.

Геохимические барьеры, приуроченные к области выклинивания ЗПО, за счет неотектонических процессов, устанавливаются в основном по результатам каротажных исследований. В отдельных случаях, указанные барьеры можно выделять как ослабленные зоны по результатам гравимагнитной съемки. С другой стороны, породы, лежащие над рудной зоной, отличаются вертикальной зональностью. Следовательно, привлечение электромагнитных исследований, позволяет косвенным образом выявить зоны уранового оруденения.

Таким образом, установлены роли эволюции тектонических структур при формировании урановых оруденений, и изучение их по площади позволит выявить перспективные площади на урановые месторождения. Оценены особенности изменения структурно – тектонических, гидрогеологических условий и геофизических и геохимических параметров над урановыми оруденениями, которые служат в качестве поисковых критериев.

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА ДИВНОГОРЬЕ 9

Колганов Д.Н. (Научный руководитель Вязкова О.Е.)

kolganov2016@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Изучение рельефа земной коры, его происхождения и развития находит свое применение в картировании, стратификации четвертичных отложений, экологических изысканиях, поиске и разведке полезных ископаемых. Особенное место оно занимает в инженерно-геологических изысканиях и восстановлении палеогеографических обстановок территорий.

Дивногорье – историко-археологический природно-ландшафтный музей-заповедник в Лискинском районе Воронежской области. Именно на его территории в 2004 году в четвертичных отложениях правого борта балки, впадающей в р. Тихую Сосну справа, было обнаружено скопление позднеплейстоценовой фауны – костище лошадей. Впоследствии оно получило название Дивногорье 9.

Уникальность палеолитического памятника в том, что он находится на стыке изучения зоологии, палеонтологии, почвоведения, археологии и геологии. В результате раскопок в борту балки, была собрана остеологическая коллекция, содержащая более 8 тыс. костей *Equus ferus*, погребенных 13-14,5 тыс. лет назад. По мере изучения памятника, ученые сталкивались с вопросами, на которые не были даны однозначные ответы. Впоследствии они были разбиты по направлениям, одним из которых стало геолого-геоморфологическое. В его основе лежит проблематика восстановления и обоснования условий образования костища.

На данный момент существует две основные теории образования палеолитического памятника. Исследователи, едины во мнении, что следует выделять две толщи в формировании разреза. Общепринятой точкой зрения является то, что верхняя толща формировалась в условиях склоновой денудации, и представляет собою отложения делювия.

Нижняя часть разреза представлена карбонатными алевритами, тонкослоистыми, с прослоями щебня и глыб писчего мела [5]. Согласно точке зрения Ю.А. Лаврушина, формирование нижней толщи связано напрямую с деятельностью подпрудных палеоозер в приустьевой части оврага. Альтернативной точкой зрения является формирование толщи по принципу, схожему с образованием ленточных глин в результате сезонных стоков в русле оврага. По предварительным результатам, из проведенных на данный момент анализов, наличие диатомовых водорослей не подтверждает версию подпрудных палеоозер.

Тем не менее, существует целый ряд прямых и косвенных признаков, указывающих на состоятельность данной теории. В своих работах Бессуднов А.А. описывает принцип формирования пролювиальных отложений. Однако пролювиальные отложения характеризуются плохой сортировкой материала, косослоистостью и небольшой дальностью переноса. На изучаемых разрезах хорошо выражена не просто горизонтальная слоистость тонкодисперсных отложений, но и границы между ними. Исходя из этого, можно сделать вывод о последовательном осаждении материала, что было бы невозможно при сезонных стоках.

Отдельно следует рассматривать маломощные линзы гравийно-галечникового материала систематически встречающегося в толще тонкослоистых алевритистых отложений [2]. Рассматривая образование галечника в теории сезонных водотоков, нужно учитывать, что литологически он соответствует меловым мергелям. Несмотря на то, что мергель легко окатывается, в толще широко представлены и неокатанные разности. В случае сезонных водотоков в линзе бы наблюдались различные фракции, вплоть до глыб и валунов. Однако отложения образуют в разрезе однородную формацию, различающуюся по степени окатанности.

Изучая палеолитический памятник, следует отметить, что в датировке четвертичных отложений выделяют несколько способов, один из них: археологический. Согласно данным радиоуглеродного анализа [3], возраст найденных костей относится ко времени поздне-

валдайского оледенения. В это время на территории Воронежской области шло активное осадконакопление аллювиальных и пойменных отложений, соответствующих по времени накопления ошашковскому криохрону. Активно шел процесс почвообразования на водоразделах.

Значительным упущением теории Бессуднова А.А. является также нелогичность в образовании палеолитического памятника. При рассмотрении теории сезонных стоков происходит противоречие с уже полученными данными. Так, кости погребенных лошадей находятся в анатомической близости, а сами скелеты приурочены к границам тонкослоистых отложений и отложений делювиально-пролювиальных процессов [4]. В случае же сезонных стоков мы бы столкнулись с перемытой фауной или же с областью размыва, однако по данным исследований, кости сохранились в хорошем состоянии, что говорит в пользу их быстрого захоронения.

Вероятнее всего 13-14,5 тыс. лет назад на территории Дивногорья существовали овражные долины, получившие свое развитие в условиях аридизации поздневалдайской ледниковой эпохи. Активизировавшиеся делювиально-пролювиальные процессы провоцировали образование осыпей и обвалов карбонатных склонов, результатом развития эрозионных процессов послужили широко известные на сегодняшний день меловые дивы Дивногорья.

Исходя из данных исследований, связь палеолитических стоянок Дивногорье 1 и Дивногорье 9 подтверждается находками каменного инвентаря. В то же время, анализ остеологической коллекции указывает на хорошую сохранность костей, что указывает на их скорое погребение, а их анатомическая близость говорит в пользу наличия мяса на костях [1]. На данный момент имеет смысл рассматривать палеолитический памятник как место массовой гибели лошадей. Семь горизонтов костей погребенных лошадей и их ассимиляция с селевыми потоками указывают на их систематическое присутствие на данной территории. Для восстановления условий образования памятника необходимо определить генетическую взаимосвязь селевых потоков и погребенных лошадей, учитывая, что костеносные горизонты слагают целые однонаправленные костяки, приуроченные к границам перехода слоев.

Литература

1. Бессуднов А.А., Бессуднов А.Н. Новые верхнепалеолитические памятники у хутора Дивногорье на среднем Дону // Российская археология. 2010. № 2. С. 125-134.
2. Бессуднов А.Н., Бессуднов А.А. Направление комплексных исследований палеолитических памятников в Дивногорье // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. 2016. Т. 37. № 1 (222). С. 73-81.
3. Лаврушин Ю.А., Бессуднов А.Н., Спиридонова Е.А., Кураленко Н.П., Холмовой Г.В., Бессуднов А.А. Дивногорье (Средний Дон): природные события времени финального палеолита // БКИЧП. № 70. М. : ГЕОС, 2010. С. 23-34.
4. Лаврушин Ю.А., Бессуднов А.Н., Спиридонова Е.А., Кураленко Н.П., Недумов Р.И., Холмовой Г.В. Палеозоологические катастрофы в позднем палеолите центра восточной Европы (основы седиментолого-палеозоологической концепции возникновения кладбищ мамонтов) / отв. Ред. Ю.О. Гаврилов. М., 2015.
5. Панин А.В. Флювиальное рельефообразование на равнинах умеренного пояса Евразии в позднем плейстоцене – голоцене : докторская диссертация. М., 2015. С. 165-167.

ФАЦИИ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СПИРИФЕРИД ФАМЕНСКОГО ЯРУСА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Оленева Н.В.

nat_oleneva@mail.ru, филиал «Апрелевское
отделение» ВНИГНИ, Апрелевка, Россия

Высокая эволюционная динамика, толерантность к условиям существования от зарифовых до склоновых фаций, а также широкое площадное распространение поставило брахиопод в ранг наиболее благоприятной фауны, используемой для датировки и стратиграфического расчленения девонских отложений. В настоящее время, в принятых стратиграфических схемах, практически для каждого подразделения девонской системы Восточно-Европейской платформы, в качестве зональных приняты представители спириферид (Зональная..., 2006). В последнее время, на основе значительного объема фактического материала, данным по различным группам ископаемой фауны, создан доработанный вариант Унифицированной стратиграфической схемы девона Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (Фортунатова и др., 2016) в который, в том числе, вошли результаты исследования брахиопод из группы циртоспирифер, из коллекции Филиала «Апрелевское отделение» ВНИГНИ.

Род *Cyrtospirifer* относится к числу космополитных родов, его многочисленные представители известны повсеместно и составляют филогенетические ряды в отложениях среднего – верхнего девона. В фаменском ярусе верхнего девона, в составе спириферид происходит обособление новых таксонов вплоть до семейственного ранга. Это совпадает с повсеместно отмеченным кризисом, охватившем морскую биоту (Кельвассерское событие) произошедшим на рубеже франского и фаменского веков. В качестве характерных последствий кризиса отмечена реорганизация сообщества морского дна и усиленная адаптивная радиация пелагических организмов. Причину изменения разнообразия и состава донных животных связывают с изменением режима осадконакопления, что для брахиопод стало определяющим фактором, так как это, в первую очередь, повлияло на фильтрационную систему и привело к замещению на более приспособленные в этом отношении таксоны.

В составе *Cyrtospirifer* установлены более 50 видов, однако до настоящего времени вопрос объема и родовой принадлежности его представителей остается открытым. В разное время из его состава обособлены шесть, которые были приняты типовыми для новых родов четырех разных подсемейств. В состав подсемейства *Ulbospiriferinae* Johnson, Carter, 1994 и *Palaeospiriferinae* Carter, Johnson, Hou, 1994 из семейства *Ulbospiriferidae* (Johnson, Carter, 1994) вошли три рода: *Cyrtiorina* Cooper et Dutro, 1982, типовым видом которого принят *Cyrtospirifer kindlei* Stainbrook, 1947 (верхний фамен: Северная Америка); род *Tenisia* Martynova (Мартынова, 1970), типовой вид которого – *Spirifer (Cyrtospirifer) dada* Nalivkin (Наливкин, 1937) (верхний фамен: Казахстан) и *Palaeospirifer* Martynova, Sverbilova (Мартынова, Свербилова, 1968) с типовым видом *Cyrtospirifer? karagatshicus* Sverbilova (Свербилова, 1963) (верхний фамен: Казахстан, Китай).

В состав подсемейства *Cyrtospiriferinae* Termier and Termier, 1949 и *Cyrtiopsinae* Ivanova, 1972 из семейства *Cyrtospiriferidae* Termier and Termier, 1949 установлены еще три рода: *Regelia* Crickmay (1952), для которого типовым видом принят *Cyrtospirifer glaucus* Crickmay, 1952 (фран: Канада); род *Tarandropsirifer* Simakov (Афанасьева, Симаков, 1970) с типовым видом *Cyrtospirifer tarandrus* Nalivkin in Markovski (Марковский, 1960) (верхний фамен: Омолонский массив, Колыма, Пай-Хой, Арктика) и род *Dmitria* Sidiachenko (Сидяченко, 1961), типовой вид – *Spirifer (Cyrtospirifer) romanowskii* Nalivkin (Наливкин, 1930) (фамен: Тянь-Шань, Казахстан, Канада). Такое прочтение можно объяснить широкой, неоднозначной трактовкой признаков рода *Cyrtospirifer* Nalivkin in Frederiks, 1924. Определяющими для диагностики Д.В. Наливкин указал на следующие характеристики рода: уплощенная, обычно поперечно вытянутая форма, с длинным замочным краем рав-

ным или больше наибольшей ширины раковины, замочные углы чаще оттянутые в остроконечия. Брюшная створка обычно умеренно выпуклая, арея низкая, вогнутая. В брюшной створке короткие зубные пластины, соединенные в примакушечной части дельтириальной пластиной.

На Восточно-Европейской (Русской) платформе в отложениях среднего франа (семилукский горизонт) в составе циртоспирифе были выделены: *Cyrtospiriferdisjunctus* (Sowerby, 1940), *C. Schelonius* Nalivkin, 1940 и *C. Rudkinensis* Ljaschenko, 1959. Эти виды существовали на отложениях сформированных в условиях мелководного склона, представленного зеленовато-серыми глинистыми известняками и мергелями. Общими признаками для этих видов являются уплощенные, сильно вытянутые в ширину раковины, с длинной плоской ареей, всегда открытым дельтирием, что вполне соответствует признакам рода *Cyrtospirifer*. Устойчивое положение этих крупных раковин, в условиях мягкого илистого дна достигалось прикреплением ножки к субстату с опорой на длинную, прямую узкую арею, или уплощенную спинную створку, что характерно для представителей усложненного подтипа якорного экологического типа брахиопод (Грацианова, 1987).

В карбонатных отложениях фаменского яруса были установлены *Spiriferarchiac* Murchison, 1840, *S. Brodi* Wenjukov, 1886 и *S. Koscharicus* Ljaschenko, 1959 из них первые, как и *Cyrtospiriferlebedjanicus* Nalivkin, 1947 были отнесены к роду *Cyrtospirifer*. Виды *C. archiaci*, *C. brodi*, *C. Koscharicus* и *C. lebedjanicus* характеризуют задонский, елецкий (нижний фамен) и лебедянский (средний фамен) периоды осадконакопления. Для этих видов, живущих в условиях карбонатного осадконакопления характерными признаками являются раковины вздутой почти шаровидной формы с коротким смычным краем, массивной макушкой, высокой, прямой или сильно загнутой ареей. Приспособление этих видов к жизни в условиях вязкого карбонатного ила привело к формированию сообщества утяжеленного экологического подтипа свободнолежащих брахиопод. Такие признаки не характерны для рода *Cyrtospirifer*, что позволило отнести эти виды к роду *Wenjukovispirifer* подсемейства *Cyrtiopsinae* Ivanova, 1972 (Oleneva, 2016). Таким образом, изменения режима осадконакопления, связанное с глобальным событием, произошедшим на рубеже франско-фаменского ярусов, стали определяющим и привели к смене таксономического состава спириферид Восточно-Европейской платформы.

Литература

1. Зональная стратиграфия фанерозоя России. С.-Петербург: ВСЕГЕИ, 2006, 255 с.
2. Грацианова Р.Т. Уровни обитания брахиопод по отношению к дну бассейна // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Новосибирск : Наука. 1987. Вып. 686. С. 41-58.
3. Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Бушуева М.А., Швец-Тэнэнта-Гурий А.Г. и др. Стратиграфия верхнего девона Волго-Уральского субрегиона. Материалы по актуализации стратиграфических схем. М. : ВНИГНИ. 2016. 176 с.
4. Oleneva N.V. Devonian Brachiopods of the Orders Spiriferida and Spiriferinida of the European Russia and Transcaucasia: Systematics, Shell Microstructure, and Microornament // Paleont. Jour. 2016. Vol. 50. No. 11. P. 1-90.

СТРУКТУРА И ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОБЛАСТИ СОЧЛЕНЕНИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КРАТОНА И ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

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

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

Область сочленения Восточно-Европейского кратона (ВЕК) и Западно-Арктической платформы (ЗАП) всегда являлась предметом повышенного интереса исследователей в связи с тем, что расшифровка структуры и происхождения обрамлений древних кратонов (включая время и механизмы их формирования) представляет собой проблему, в которой остается еще достаточно много нерешенных, спорных или неоднозначно решаемых вопросов, касающихся тектонической эволюции и взаимодействия этих литосферных образований. На основании исследований арктических акваторий в последние десятилетия и была выделена Западно-Арктическая платформа, контактирующая с Восточно-Европейским кратоном вдоль складчатого пояса тиманид, но имеющая более молодой гетерогенный фундамент гренвильско-байкальской консолидации.

Зона сочленения и взаимодействия ВЕК и ЗАП не является единым структурным швом, а представляет собой область, включающую в себя как «объемные», так и разделяющие их «линейные» тектонические элементы. С СВ на ЮЗ выделены: «линеament Тролляфьорд-Рыбачий-Канин», «зона перикратонного опускания ВЕК», «линеament Карпинского», «Мурманский блок Балтийского щита», «зона Колмозеро-Воронья». Линеament Тролляфьорд-Рыбачий-Канин (ТРК) является одним из крупнейших конвергентных структурных швов, и именно он фиксирует непосредственное соприкосновение Восточно-Европейского кратона и Западно-Арктической платформы. На перешейке между п-овами Средний и Рыбачий и в юго-восточной части п-ова Рыбачий шов выражен взбросо-сдвигом; в юго-восточном направлении линеament прослеживается в потенциальных геофизических полях через акваторию Баренцева моря и полуостров Канин, а еще восточнее переходит в Западно-Тиманский глубинный разлом [Оловянишников, 2004]. Прослеживается шов и в северо-западном направлении на п-ове Варангер. Линеament Карпинского (ЛК) выражен системой молодых сбросов, трассирующихся вдоль северного края Кольского полуострова. ЛК является границей между Балтийским щитом и областью перикратонного опускания ВЕК, выраженной серией ступеней, формируемых сбросами и сбросо-сдвигами, по которым поверхность архейского основания ступенчато погружается к северу и северо-востоку под покров верхнерифейских, вендских (?) и фанерозойских образований платформы. С северо-востока область перикратонного опускания ограничена взбросо-сдвиговой зоной линеamenta Тролляфьорд-Рыбачий-Канин. С точки зрения геодинамической позиции край Балтийского щита, а именно Мурманский блок и его ограничения также находятся в пределах зоны взаимодействия ВЕК и ЗАП в ходе их тектонической эволюции. Мурманский блок по составу пород и по структуре отличается от других доменов Балтийского щита. Блок сложен породами гранитного облика: плагиогранитами, мигматитами, чарнокитами-эндербитами, с редкими включениями амфиболитов и возможно гранулитов.

Западно-Арктическая платформа объединяет три главных тектонических элемента: Свальбардскую, Тимано-Печорскую и Карскую плиты, входившие в состав древнего палеоконтинента Арктида, причлененного в конце венда – начале кембрия (?) к раннекембрийскому остову Восточно-Европейского кратона – Балтике, сформировав композитный палеоконтинент Аркт-Европа. Впоследствии Арктида распалась при формировании циркумполярного бассейна Северного Ледовитого океана, оставив причлененным к ВЕК свой фрагмент в виде Западно-Арктической платформы с более молодым гетерогенным фундаментом. Современные Баренцевская плита и морская часть Тимано-Печорской плиты получили развитие уже как шельфовые плиты.

Вдоль шва ТРК Восточно-Европейский кратон с северо-востока обрамляет Канино-Тиманский (Канино-Варангерский) складчатый пояс тиманид, протягиваясь от п-ова

Варангер до Полюдова кряжа на Урале, захватывая краевую приграничную область Западно-Арктической платформы, включая Свальбардскую и Тимано-Печорскую плиты.

В результате полевых исследований последних лет [Балуев и др., 2016] были установлены признаки надвигового перемещения толщ не только в самой шовной зоне ТРК и на п-ве Рыбачий, представляющий собой фрагмент складчато-надвигового пояса тиманид, но и к юго-западу от них в верхнерифейских и вендских терригенных толщах, слагающих полуостров Средний и относящихся к перикратонному прогибу ВЕК. Зафиксированы две фазы складчато-надвиговых деформаций с элементами левосдвиговых смещений, связанные с проявлениями активности и эволюцией линеаментного шва, разделяющего п-ва Средний и Рыбачий. Наличие разно ориентированных разрывно-складчатых систем в зоне разлома здесь свидетельствует о полистадийном деформационном развитии и может быть объяснено как минимум двукратным изменением кинематики смещений по разлому.

Большое значение имеет выявление в зоне разлома ТРК массивов дезинтегрированных гранитов, первично принадлежащих архейскому кристаллическому фундаменту и впоследствии тектонически «выжатых» в верхние горизонты коры в виде протрузий. Тела плагиогранитов образуют полого залегающие пластины, «вклиненные» между толщами рифейских отложений. Тела плагиогранитов претерпели наложенные складчато-разрывные деформации обеих кинематических стадий и свидетельствуют 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. На этом этапе была сформирована шарьяжно-надвиговая структура области сочленения двух платформ, элементы которой выявляются на п-вах Средний, Рыбачий и Канин. На юго-восточном продолжении разломной зоны, в пределах баренцевоморского шельфа, зафиксирован ряд аномалий гравимагнитного поля, по своим значениям идентичным массивам гранитоидных пород, погребенным под осадочным чехлом.

Выявлены и обоснованы [Балуев и др., 2016] основные этапы тектонической эволюции области сочленения Восточно-Европейского кратона и Западно-Арктической платформы:

- заложение северо-восточной (в современных румбах) границы древнего остова ВЕК (Балтики) в результате раскола суперконтинента Палеопангеи – как минимум в среднем рифее;

- в течение всего позднего рифея и начала венда тиманская окраина Балтики оставалась пассивной: краевой бассейн оставался открытым в сторону океана;

- венд-средний кембрий (620-540 млн лет назад) – в этом интервале времени по разным данным происходит столкновение Балтики с Арктидой, формирование коллизионного орогена тиманид и, соответственно, конвергентного структурного шва ТРК. С этим событием, видимо, связаны и две фазы складчато-надвиговых деформаций, фиксирующиеся в пределах области сочленения двух плит;

- в среднем палеозое на область сочленения Балтики с Арктидой было оказано деструктивное воздействие процессов рифтогенеза, зарождающихся в позднем девоне в литосфере причлененной Арктиды. Глубокая переработка фундамента в области наложения Восточно-Баренцевского рифтогенного трога и связанного с ним магматизма на зону сочленения изменила и структуру потенциальных геофизических полей;

- в современную эпоху вдоль зоны сочленения двух платформ фиксируется тектоническая активность, выражающаяся, в том числе, и повышенной сейсмичностью. Линеамент Карпинского, формирующий современное ограничение Балтийского щита, проявляет наибольшую подвижность блоков фундамента как с вертикальной, так и со сдвиговой компонентой. Современные тектонические процессы в этой области связываются с раскрытием Северной Атлантики и Арктического океана.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы № 0135-2016-0012.

РОЛЬ И МЕСТО РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТ В СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ХОЛДИНГА «РОСГЕОЛОГИЯ» НА СРЕДНЕСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

Карпузов А.Ф.

afkarpuzov@rusgeology.ru, Акционерное общество «Росгеология»,
Москва, Россия

Региональные геолого-геофизические и геологосъемочные работы (РГСР) в отечественной геологии всегда занимали особое место в силу огромных территории России, многообразия геологических обстановок и той огромной роли, которую всегда играл минерально-сырьевой комплекс в экономическом развитии нашей страны. Этому в немалой степени способствовало аксиома о том, что «геологическая карта это не только ключ к познанию истории развития Земли, но и ключ к ее подземным кладовым», научное обоснование которой, как и основы геологического картирования впервые сформулировали величайшие геологи России, академики Гельмерсен Г.П., Карпинский А.П. и другие. Ими же был основан и успешно работал в течение нескольких десятилетий Геологический комитет-ГЕОЛКОМ, геологи которого внесли неоценимый вклад в геологическое картографирование территории Российской империи. В советский период традиции российской геологической школы успешно развивал ВСЕГЕИ, который унаследовал от ГЕОЛКОМА не только специально построенное для геологов России здание, но и весь наработанный научно-методический задел для геологической картографии. Достойным результатом этой многолетней работы стал не только высокий уровень геологической изученности Советского Союза и России, но сотни открытых месторождений полезных ископаемых, включая уникальные градообразующие, такие как Хибины, Норильск, КМА, Колымская группа, Мирный и др.

Рассматривая существующую у нас в стране утвержденную стадийность проведения ГРР необходимо еще раз подчеркнуть, что региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых по праву занимает в ней первое место, обеспечивая проведение ГРР *первого этапа*. Главным результатом работ этой стадии является геологическая информация о недрах в виде комплектов карт геологического содержания и научно обоснованный прогноз полезных ископаемых для формирования поискового задела для работ следующих стадий. Единственным исполнителем работ данного этапа, в соответствие с Постановлением Правительства РФ, выступает Федеральное бюджетное государственное учреждение ВСЕГЕИ, источник финансирования – госбюджет. Главным субподрядчиков выступает АО «Росгео», на долю дочерних предприятий которого приходится около 55% общего объема ГСР м-ба 1:200 000, около 10% – ГСР м-ба 1:1 000 000, около 70% гравиметрических работ и т.д. В перспективе планируется, как минимум сохранить эти объемы, а при заинтересованности государства в их проведении, увеличить до 20%, сконцентрировав их проведение в пределах территорий опережающего экономического развития (ТЭРов).

Работы *второго этапа* направлены на поиски и оценку месторождений полезных ископаемых (МПИ). Единственным исполнителем работ данного этапа, в соответствие с Постановлением Правительства РФ, выступает АО «Росгеология» (поисковая стадия) и недропользователи (оценочная стадия), источник финансирования – госбюджет + внебюджетные средства.

Завершают эту стадийность работы *третьего этапа*, направленные на разведку и освоение МПИ. Исполнителем работ этого этапа выступают конкретные недропользователи, а источником финансирования выступают частные инвестиции.

Имеющийся в АО «Росгео» производственный потенциал, удачная логистика размещения предприятий, накопленный опыт и знания, уникальные компетенции позволяют ей успешно реализовывать проекты первого и второго этапов по всей территории России, доводя выявленные поисковые объекты до месторождения и готовя их к лицензированию.

В 2016 году подразделения АО «Росгео» проводили РГСР на 78 объектах, поисковые работы на ТПИ и подземные воды – на 88 объектах. В соответствии с принятой в Холдинге Стратегии развития до 2020 года планируется, как минимум, сохранить ведущую роль РГСР, как по объемам, так и по видам, в общей структуре работ. Как максимум, увеличить объемы РГСР до 20%, увязав их проведение в единой технологической цепи с работами поисково-оценочного этапа (в исключительных случаях и с разведочным этапом) на принципах частно-государственного партнерства.

Для реализации поставленных задач *по первому сценарию* на период 2017-2020 гг. сегодня существуют все необходимые предпосылки, а для реализации *второго сценария* необходима существенная корректировка существующей Стратегии проведения РГСР, включающая:

- изменение стратегии проведения РГСР применительно к современным экономическим условиям, включая концентрацию всех видов ресурсов на геологическом изучении и подготовке объектов «поискового задела» на территориях ТЭР;
- резкое усиление научной и тематической составляющей в структуре РГСР;
- решение кадровой проблемы при проведении РГСР как по количеству специалистов, так и по качеству подготовки и востребованным специальностям, с участием профилирующих геологических ВУЗов;
- подготовка и проведение комплекса мероприятий, направленных на повышение престижа геологических специальностей, включая повышение их социального статуса, зарплат и социальной защищенности;
- завершение структурной перестройки государственной системы геологического изучения недр (ГИН) и воспроизводства минерально-сырьевой базы (ВМСБ).

Согласно *первого сценария* в планах работ ФБГУ «ВСЕГЕИ», по согласованию с Заказчиком – Роснедрами, на период до 2020 года предусмотрено участие предприятий АО «Росгео» на условиях субподряда в работах: на 87 листах ГДП-200 из 171 предусмотренных планами (51%), всего на 8 листах ГК-1000/3 из 46 (17%), и в подготовительных работах на 24 листах из 76 (31,5%). Заявленные в программе работ до 2020 года минимальные объемы РГСР, скорее всего, позволят выполнить индикаторные показатели ВИПР по приросту геологической изученности территории России, но не компенсируют стремительно выбывающий «поисковый» задел ТПИ. Вместе с тем, Правительство России должно отчетливо понимать, что только реализация *второго сценария* позволит придать отечественной геологической отрасли позитивный вектор развития.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭРОЗИОННОГО РЕЛЬЕФА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВРЕМЕННЫХ ВОДНЫХ ПОТОКОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ГОМЕЛЯ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

Мележ Т.А.

tatyana.melezh@mail.ru, УО «Гомельский государственный университет
им. Ф. Скорины», Гомель, Беларусь

Развитие эрозионных процессов предопределено природными особенностями территории и особенностями ее хозяйственного использования. Весь комплекс природно-антропогенных условий проявления эрозионных процессов делятся на климатические, морфометрические, геологические, почвенно-растительные и техногенные группы факторов.

Важнейшими из них являются климатические особенности территории. Главное условие смыва и размыва грунтов – сток талых и дождевых вод. Формирующихся в результате выпадения атмосферных осадков. Эрозионная работа проводится поверхностным стоком, который зависит от параметров дождя, режима, осадков и других особенностей. Режим выпадения осадков является примерно одинаковым почти по всей территории [1].

Значительное влияние на развитие водно-эрозионных процессов оказывает рельеф территории. К важнейшим морфометрическим характеристикам земной поверхности, определяющим эрозионную опасность земель, относятся крутизна и длина склонов, а также глубина и густота расчленения территории. Необходимым условием для формирования стока является уклон дневной поверхности. При изучении водно-эрозионных процессов необходимо также учитывать экспозицию склона. Важным морфометрическим показателем рельефа выступает глубина вертикального расчленения. Она отражает потенциальную способность территории к развитию водно-эрозионных процессов. Кроме основных морфометрических характеристик, при изучении эрозионных процессов необходимо учитывать густоту расчленения территории, абсолютную высоту местности, форму водосборов, а также ряд других морфометрических показателей [1]. Существенное влияние на развитие неблагоприятных водно-эрозионных процессов имеет состав поверхностных отложений, их приуроченность к определенным формам рельефа и устойчивость к размыву поверхностными водами.

В ходе маршрутных наблюдений установлено следующее: на правом и левом склонах «Киевского спуска» и склоне, приуроченном ко второй надпойменной террасе р. Сож в районе д. Осовцы, развиты элементы овражно-балочного рельефа – промоины, их формирование связано с деятельностью временных водотоков (дождевые воды) и зависит от угла падения склона, чем круче склон, тем интенсивнее протекают процессы экзогеодинамики.

На левом склоне в 1,5 м правее моста через «Киевский спуск» и в 7,5 м от вершины склона было выявлено наличие западин и промоин – результат размыва склона. Основную площадь эродированного склона занимает промоина. Ее морфометрические параметры: длина – 6 м, ширина в среднем составляет 2 м. На склоне образовалась промоина и серия западин, располагающихся в направлении стока дождевых вод по склону, с уменьшением их размеров к подножью склона. В 1,8 м от промоины вниз по склону в направлении стока дождевых вод образовалась западина диаметром в среднем 0,9 м. Далее по направлению стока – две западины меньшего диаметра – 0,8 м каждая. Общая протяженность склона составляет около 15 м. Угол падения склона равен 48°. У подножья склона наблюдалось накопление делювиальных осадков (продукты размыва склона).

На противоположном (правом) склоне в 10 м левее моста через «Киевский спуск» наблюдалась промоина, начинающаяся от вершины склона и протягивающаяся вниз по склону на 12,5 м. Она имеет ширину в основании (вершина склона) около 4,5 м, ближе к подножью склона промоина сужается до 1,5 м. От вершины склона промоина «сползает» двумя «языками»: основной протягивается к подножью, второй – ответвляется правее и имеет длину около 6 м. Глубина промоины по всему профилю склона составляет от 0,2 до 0,6 –

0,9 м. Угол падения склона равен 53° . У подножья склона обнаружены большие объемы делювиального материала.

Большие размеры и большая глубина вреза, а также большее количество вынесенного со склона материала промоины правого склона «Киевского спуска», по сравнению с левым склоном, объясняется большим углом наклона первого (53° на 48°).

В 15 метрах от автодороги от улицы Солнечной к д. Осовцы, в 600 м юго-восточнее от Мильчанской канавы на склоне, приуроченном ко второй надпойменной террасе р. Сож, была установлена промоина, простирающаяся вниз по склону в направлении стока дождевых вод. Морфометрические параметры: длина – 11 м, ширина колеблется от 0,3 м (вершина склона) до 0,1-0,2 м, угол падения склона составляет 36° , глубина вреза промоины составляла около 0,1-0,2 м. Часть делювиального материала заполнила глубинные врез промоина, остальная часть материала скопилась у подножья склона в виде конуса выноса.

Дождевые воды, стекая с водоразделов, совершают огромную геологическую работу по смыву и размыву рыхлых образований, их слагающих. В результате размыва склонов и водоразделов образуются овраги. На определенной стадии развития их продольный профиль и склоны достигают некоторого равновесия, начинает замедляться, задерживаться их рост, и они постепенно превращаются в балки или лога. Следовательно, овраги являются результатом начальной ускоренной линейной эрозии – размыва склонов и водоразделов потоками талых и дождевых вод.

Сложный комплекс природных условий создает предпосылки для развития водной эрозии, в то время как хозяйственная деятельность служит своего рода фактором-толчком, который приводит к развитию и резкой интенсификации рельефообразующих процессов. В результате экологически необоснованной деятельности человека нарушается динамическое равновесие геологической среды, обеспечивающее нестабильность природных систем.

Овражная эрозия оказывает неблагоприятное воздействие на функционирование городской системы и значительно затрудняет ведение инженерно-хозяйственной деятельности. Деятельность человека оказывает двойное воздействие на развитие овражной эрозии – с одной стороны, провоцирует и способствует ей, с другой – препятствует. При проектировании инженерных сооружений и создании противоэрозионных средств необходим комплексный подход, то есть учет всех факторов, вызывающих проявление и развитие эрозионных процессов на территории города в целом и в каждом отдельном случае.

Борьба с оврагообразованием ведется путем закладки приовражных лесных полос и облесения склонов и дна оврагов; устройства выше вершины оврага водосборных канав с валиками; придачи оврагу пологих уклонов. Предупредить оврагообразование, прекратить или уменьшить рост существующих оврагов можно такими мероприятиями, которые сокращают величину стока воды с водосборной площади, исключают формирование крупных водных потоков или безопасно отводят концентрированные потоки на специально выбранные участки склона. Применение комплекса организационных, агротехнических, луголесомелиоративных и гидротехнических мероприятий на водосборной площади в состоянии радикально повлиять на сокращение интенсивности эрозионных процессов и предупреждение образования и роста оврагов. Кроме того, существует ряд мероприятий, проводимых непосредственно в оврагах для прекращения их роста и предупреждения нового оврагообразования, вдоль бровки балок и лощин, на нижних наиболее крутых частях склонов балок и речных долин для защиты их от разрушения, а пойменные земли, реки и водоемы от заиления продуктами овражного размыва.

Литература

1. Павловский, А.И. Закономерности проявления эрозионных процессов на территории Беларуси / А.И. Павловский. – Мн. : Наука и техника, 1994. – 106 с.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕЧНОЙ ДОЛИНЫ РЕКИ СОЖ (НА ПРИМЕРЕ ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРОДА ГОМЕЛЯ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

Мележ Т.А.

tatyana.melezh@mail.ru, УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», Гомель, Беларусь

В настоящее время речные долины крупных равнинных рек испытывают антропогенную трансформацию вследствие интенсивного хозяйственного освоения. Долины рек, преимущественно пойменные земли, осваиваются с целью расширения площадей урбанизированных территорий, при невозможности застройки других территорий. В последнее время все активнее вовлекаются под инженерное освоение так называемые «неудобные земли», в большинстве случаев новые городские кварталы возводятся на намывных грунтах. Антропогенез влияет на все элементы речной долины. Трансформация природных ландшафтов, происходящая в результате деятельности человека, проявляется во времени наиболее динамично, в сравнении с действием естественных природных процессов, проявляющиеся в течение длительного времени. Интенсивный техногенез ведет к постепенному исчезновению природных систем, на их месте формируются техногенные ландшафты.

В настоящее время территория исследования подвергается интенсивному хозяйственному освоению: проводятся работы по гидротехническому намыву аллювиального материала под площадки инженерных; сооружаются мостовые переходы (автомагистраль «Восточный обход», мост через реку Сож в микрорайоне «Любенский», вторая очередь мостового перехода по ул. Фрунзе); осуществляется строительство жилых кварталов в пределах пойменных территорий (18-й, 19-й микрорайоны, микрорайон «Кленковский», микрорайон «Шведская горка»).

В настоящее время за счет активного освоения пойменных территорий идет расширение городских площадей. Антропогенез приводит к изменению природных систем, обуславливает возникновение новых техногенных форм рельефа, формируются новые техноприродные системы. Интенсивность освоения природных территорий идет высокими темпами (рисунки 1, 2, 3), в результате возникает проблема сбалансированного взаимодействия техногенных и природных объектов.



2004 г.

2016 г.

Рисунок 1 – Интенсивность техногенного освоения поймы реки Сож (1а и 1б – 18 микрорайон «Приозерный»; 2а и 2б – 19 микрорайон; 3а и 3б – участок трассы «Восточный обход»)



Рисунок 2 – Интенсивность техногенного освоения поймы реки Сож (Микрорайон «Шведская горка»)

Техногенно-преобразованная пойма реки Сож, расположенная юго-западнее г. Гомеля, осложнена дренажными системами и мелиоративными каналами; в 1,05 км юго-западнее деревни Осовцы, в пределах поймы реки Сож (аQ4) расположен карьер по добыче строительного песка; в пределах деревни Осовцы расположена система из трех карьерных водоемов, где ранее велась добыча строительного песка, в настоящее время карьеры рекультивированы; в 1,25 км юго-восточнее деревни Осовцы расположен карьерный водоем, образовавшийся в результате водопонижения и добычи аллювиального материала, площадью 140000 м², здесь планировалось создание порта нерудных материалов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Антропогенно преобразованные пойменные ландшафты (1 – система рекультивированных карьерных водоемов; 2 – карьер «Осовцы» по намыву аллювиального материала; 3 – карьерный водоем)

Городское и промышленное строительство приводит к созданию дополнительных нагрузок на геологическую среду, провоцирующих проявление и развитие опасных инженерно-геологических процессов. Освоение придолинных частей рек способствует интенсификации инженерно-геологических процессов, в результате нарушения естественного растительного покрова, комплекса инженерных мероприятий по изменению рельефа, основных направлений стока поверхностных вод, подрезки склонов и так далее.

РАДИОЛЯРИИ АЛЬБА-ТУРОНА В БЛОКАХ КРЕМНИСТЫХ ПОРОД ФОРМАЦИИ МОНИ (ЮЖНЫЙ КИПР)

Брагин Н.Ю., Брагина Л.Г.

bragin.n@mail.ru, Геологический институт РАН, Москва, Россия

Меловые (альб-туронские) радиолярии хорошей сохранности были обнаружены в олистолитах кремнистых пород так называемых слоев Монагрулли, входящих в состав формации Мони. Данная толща занимает особое положение в структуре Южного Кипра. В центральной части острова Кипр развит офиолитовый массив Троодос мелового возраста. В южной части хребта Троодос проходит разлом Аракапас, имеющий широтную протяженность и интерпретируемый как древний трансформный разлом (Simonian, Gass, 1978). Офиолиты, обнажающиеся южнее этого разлома, обособляются в самостоятельный массив Аракапас. По южному флангу массива Аракапас прослеживаются наиболее древние отложения осадочного чехла офиолитов: формация Перапеди (Wilson, 1959), представленная металлоносными осадками (умбритами и кремнями), и формация Мони (Pantazis, 1967), являющаяся классической олистостромой и содержащая большое количество олистолитов, значительная часть которых представляет собой продукты разрушения мезозойского аллохтонного комплекса Мамония (Robertson, 1977). Матрикс формации Мони представлен бентонитовыми глинами кампан-маастрихтского возраста. Выше залегают карбонатные отложения формации Левкара (маастрихт-палеоген) (Mantis, 1970). В большинстве меловых толщ Кипра известны лишь остатки радиолярий, а традиционные группы ископаемых не встречаются. Поэтому радиолярии имеют здесь первостепенное значение.

Наиболее молодые олистолиты в составе формации Мони представлены кремнистыми и терригенными породами с радиоляриями альба-сеномана и турона. Данные образования выделяются как слои Монагрулли, характеризующиеся особым литологическим составом (сочетание радиоляриевых кремней и слабо известковистых алевропелитов) (Robertson, 1977). Первое из изученных местонахождений находится по дороге из с. Парекклисия в с. Пиргос (его координаты 34°44' 05.1" с.ш., 33°10' 38.7" в.д.), где наблюдается крупный (15 м в поперечнике) блок серых и желтовато-серых опоковидных кремнистых аргиллитов с редкими прослоями красных кремней. Здесь в обр. 03-32-1 содержатся следующие позднеальбско-раннесеноманские радиолярии: *Acaeniotylelongispina* (Squinabol), *Dactyliodiscuslenticulatus* (Jud), *Dictyomitraobesa* (Squinabol), *Dorypyle ? anisa* (Foreman), *Obeliscoitesperspicuus* (Squinabol), *Pseudodictyomitrapseudomacrocephala* (Squinabol), *Rhopalosyringiumeuganeum* (Squinabol) и др. (Bragina, Bragin, 2016).

Еще одно местонахождение находится в 1 км южнее с. Парекклисия (наблюдения 2003 г). Его координаты 34°43' 56.5" с.ш., 33°09' 37.1" в.д. В зеленовато-сером, реже красновато-сером глинистом матриксе заключены многочисленные мелкие блоки кремней серых, зеленовато-серых, розовых и красных. Олистолиты кремней имеют разнообразный возраст – от позднеюрского до альб-сеноманского. В блоке 1 встречены средне-позднеальбские радиолярии (обр. 03-2-0): *Acaeniotylelongispina* (Squinabol), *Becushorridus* (Squinabol), *Crucellasp. exgr. C. lipmani* Jud, *Dactyliodiscuslenticulatus* (Jud), *Crolaniumspineum* (Pessagno), *Dictyomitraobesa* (Squinabol), *Mitacypraea* Bragina, *Obeliscoitesperspicuus* (Squinabol), *Pseudodictyomitrapseudomacrocephala* (Squinabol), *Rhopalosyringiumeuganeum* (Squinabol), *Ultranaporaspiniifera* Pessagno и др. (Bragina, Bragin, 2016). В блоке 2 встречены радиолярии самого начала турона (обр. 03-2а-0): *Acanthocircustympanum* O'Dogherty, *Alieviumsuperbum* (Squinabol), *Becusregius* O'Dogherty, *Crucellaeuganea* (Squinabol), *Dactyliosphaerasilviae* Squinabol, *Dicroarara* (Squinabol), *Patellulaspica* O'Dogherty, *Novixitusweyli* Schmidt-Effing, *Obeliscoitesperspicuus* (Squinabol), *Pseudodictyomitrapseudomacrocephala* (Squinabol), *P. tiara* (Holmes), *Rhopalosyringiumeuganeum* (Squinabol), *Squinabollumfossile* (Squinabol), *Thanarlaveneta* (Squinabol) и др. (Bragina, Bragin, 2016).

В блоке 3 встречены раннетуронские радиолярии (обр. 03-2-4): *Acanthocircusbestiarius* O'Dogherty, *A. Tympanum* O'Dogherty, *Alieviumsuperbum* (Squinabol), *Crucellacachensis*

Pessagno, *Tetracanthellipsisgregalis* O'Dogherty, *Eostichomitrabonum* (Kozlova), *Pseudodictyomitrapseudomacrocephala* (Squinabol), *Rhopalosyringiumeuganeum* (Squinabol), *Squinabollumfossile* (Squinabol) и др. (Bragina, Bragin, 2016).

Данные олистолиты и по составу и по возрасту соответствуют породам верхней части формации Епископи комплекса Мамония. По-видимому, они попали в состав олистостромов из формирующейся системы покровов комплекса Мамония. Следует отметить, что альб-туронские олистолиты (слои Монагрулли) имеют литологические отличия от известных одновозрастных отложений комплекса Мамония на западе острова: в их составе существенно больше радиоляриевых кремней, но меньше обломочных пород. Возможно, это связано с формированием слоев Монагрулли в более удаленной от источников сноса части бассейна.

Обнаруженные комплексы радиолярий достаточно представительны и могут использоваться для датировки вмещающих образований и для корреляции с одновозрастными отложениями других регионов. В последнее время для верхнего альба-сантона по радиоляриям предложена зональная схема высокой детальности, опирающаяся преимущественно на разрезы Средиземноморской области (Крым, Кавказ, Турция, Кипр, Сербия) (Брагина, 2016). Наиболее представительные из обнаруженных комплексов радиолярий могут быть отнесены с зональными комплексами предложенной схемы. Так, комплекс блока 2 соответствует зоне *Acanthocircustympanum* (низы нижнего турона), выделенной в Крыму в разрезе горы Сель-Бухра и прослеживающейся на Западном Кавказе (Брагина, 2016). Эта зона хорошо сопоставляется с аналогами: зоной *Alieviumsuperbum* в Умбра-Маркских Апеннинах (разрез Контэсса), и зоной *Crucellacachensis* донных отложений Атлантики (Брагина, 2016). Комплекс блока 3 может быть соотнесен с ассоциациями зон *Acanthocircustympanum* (низы нижнего турона) и *Patellulaselbukhraensis* (верхняя часть нижнего турона). Последняя зона также была выделена в Крыму (Брагина, 2016).

Полученные результаты показывают значительные перспективы использования радиолярий в стратиграфии. Датированы сложно построенные образования олистостромового генезиса, не содержащие ничего, кроме радиолярий. В то же время комплексы радиолярий позволяют вести корреляцию в пределах Средиземноморско-Альпийского подвижного пояса, прослеживать радиоляриевые зоны и сопоставлять их с биостратонами по другим фоссилиям (фораминиферы, наннопланктон, иноцерамиды).

Работа осуществлена при поддержке РФФИ (проект 16-05-00363) и в рамках государственного задания № 0135-2014-0064.

Литература

1. Брагина Л.Г. Зональная схема меловых (альб-сантонских) отложений тетических районов Евразии по радиоляриям // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. № 2. С. 41-66.
2. Bragina L.G., Bragin N.Yu. Cretaceous (Albian to Turonian) radiolarians from chert blocks of the Moni Melange (Southern Cyprus) // *Revue de Micropaleontologie*. 2016. V. 59. No 4. P. 311-338.
3. Mantis M. Upper Cretaceous–Tertiary Foraminiferal Zoning in Cyprus // *Trans. Espeirtis Cyprus Research Centre, Nicosia*. 1970. P. 227-241.
4. Pantazis T.M. The geology and mineral resources of the Phamakakos–Kalavassos area // *Mem. Geol. Surv. Dep. Cyprus*. 1967. V. 8, P. 1-120.
5. Robertson A.H.F. The Moni Mélange, Cyprus: An olistostrome formed at a destructive plate margin. // *Journal of the Geological Society, London*. 1977. V. 133. P. 447-466.
6. Simonian K.O., Gass I.G. Arakapas fault belt, Cyprus: a fossil transform fault // *Geol. Soc. Am. Bull.* 1978. V. 89. P. 1220-1230.
7. Wilson R.A.M. The geology and mineral resources of the Xeros-Troodos Area. // *Mem. Geol. Surv. Dep. Cyprus*. 1959. V. 1, P. 1-184.

РАЗВИТИЕ РАДИОЛЯРИЙ В ПОЗДНЕМ АЛЬБЕ–ТУРОНЕ

Брагина Л.Г.

I.g.bragina@mail.ru, Геологический институт РАН, Москва, Россия

В последние десятилетия накоплен значительный материал по поздне меловым радиоляриям, позволяющий судить о таксономическом разнообразии этих сообществ, а также о динамике и основных направлениях развития радиолярий. Данные по родовому составу и стратиграфическому распространению меловых родов обобщены в каталоге мезозойских радиолярий (O'Dogherty et al., 2009). К сожалению, в этом обзоре были учтены далеко не все публикации на русском языке; помимо этого в последние десятилетия появились новые статьи, посвященные распространению радиолярий в разрезах верхнего мела, а также описанию новых таксонов. Кроме того, остались неучтенными анализы стратиграфического распространения и биоразнообразия меловых таксонов радиолярий на видовом уровне, проведенные отечественными коллегами (Афанасьева, Амон, 2006; Вишневская, 2009). Все это обусловило необходимость проведения нового исследования по данному вопросу. Работа посвящена анализу динамики биоразнообразия и этапности развития радиолярий позднего мела на основе уже имеющихся и новых материалов. Анализ проведен на родовом уровне, поскольку подавляющая часть родов уже описана (в последнее десятилетие выявлено лишь незначительное количество новых родов). Это позволило уловить самые общие и отчетливые тенденции, рассмотреть связь динамики биоразнообразия с различными абиотическими событиями, в первую очередь с климатическими флуктуациями, эвстатическими колебаниями, а также аноксийными событиями позднего мела.

В основу работы положены опубликованные материалы автора, а также имеющиеся литературные данные по исследованию радиолярий отечественными и зарубежными специалистами. Автором проведено детальное изучение стратиграфического распространения видов радиолярий в верхнем альбе–кампане, что позволило уточнить время существования значительного количества родов. Автор придерживается классификации радиолярий, предложенной Л. О'Догерти (O'Dogherty et al., 2009), с некоторыми дополнениями и изменениями. Все данные по альбским и поздне меловым родам радиолярий были сведены в общую таблицу, демонстрирующую стратиграфическое распространение родов. На основании этой таблицы построены графики, показывающие общее количество родов, а также количество появляющихся и исчезающих родов в разные временные интервалы. На уровне родов и семейств поздне меловые радиолярии характеризуются высокой степенью преемственности с ранне меловыми. Надо отметить, что многие роды меловых радиолярий существовали в течение длительного времени: нескольких веков или целого периода.

Анализ динамики развития радиолярий в позднем альбе–кампане дал возможность наметить ряд этапов (Брагина, 2016): 1) поздний альб–средний сеноман, 2) поздний сеноман–ранний турон, 3) средний турон–ранний коньяк, 4) поздний коньяк–сантон, 5) кампан. Данные этапы различаются скоростями появления и вымирания родов. По времени они совпадают с важными абиотическими событиями середины и второй половины мелового периода, к которым относятся температурные и эвстатические изменения, а также аноксийные эпизоды.

Первый этап (поздний альб–средний сеноман), связанный с региональным аноксийным событием МСЕ и эвстатическим максимумом рубежа альба и сеномана, отличался низкими темпами развития и, как следствие, отсутствием структурных изменений в сообществах радиолярий и весьма невысоким процентом вымирающих и появляющихся родов. Число родов в конце этого этапа – 106. Второй этап (поздний сеноман–ранний турон), соответствует глобальному аноксийному событию ОАЕ 2, которое протекало в течение чрезвычайно теплого климата (вероятно, температурного максимума для мелового периода). ОАЕ 2 считается одним из событий массового вымирания, вызвавшим резкое сокращение состава морских фаун – фораминифер, белемнитов, морских ежей, усоногих раков и других групп. Имеются данные о вымирании примерно 30% родов морских организмов (Алексеев, 1989).

По радиоляриям этот этап характеризуется снижением количества родов при усиленной диверсификации видового состава у многих родов. На этом этапе вымерло 16 родов (одно из максимальных вымираний для рассматриваемого временного интервала) и возникло 11 родов, что свидетельствует об ускорении темпов развития радиолярий. Третий этап (средний турон–ранний коньяк), включающий начало ОАЕ 3 и совпадающий с началом постепенного похолодания, характеризуется стабилизацией количества родов (около 90). Четвертый этап (поздний коньяк–сантон) полностью охватывает событие ОАЕ 3, за исключением его начала, и проходит на фоне медленного похолодания при высоком уровне Мирового океана. На этом этапе произошла существенная структурная перестройка сообществ радиолярий при значительном ускорении темпов их эволюционного развития. Тем не менее, во время ОАЕ 3 восстановилась отчетливая тенденция к сокращению родового разнообразия, наметившаяся в позднем сеномане и продолжавшаяся до среднего турона. Пятый этап (кампан), протекавший в период развивающегося похолодания и значительных изменений океанической циркуляции, характеризуется весьма значительными изменениями в составе сообществ, при неуклонной тенденции к постепенному сокращению количества родов. На этом этапе вымерло большее количество родов (вымирает 19 родов, появляется – 17 родов), чем во время события ОАЕ 2. Анализ динамики биоразвития радиолярий показал, что аноксигенные события МСЕ, ОАЕ 2 и ОАЕ 3 не привели к деградации радиоляриевых сообществ. Это свидетельствует о значительном стратиграфическом потенциале данной группы. В целом развитие радиолярий в позднем мелу было поступательным. К концу кампана около половины родового разнообразия составляли роды, которые возникли в начале меловой эпохи и ранее.

В целом, альбский век и вторая половина мелового периода являются завершающей стадией развития радиолярий мезозоя и характеризуются сравнительно медленными темпами эволюции и постепенным снижением биоразнообразия на уровне родов, которое происходило постоянно за исключением интервала поздний коньяк–сантон. Во время океанических аноксигенных событий этот процесс ускорялся, особенно в период прохождения ОАЕ-2, но нигде не приобрел катастрофических черт. Наблюдается значительная степень преемственности позднемеловых комплексов радиолярий на уровне родов, так, из 106 известных в позднем мелу родов, унаследованных из предыдущих периодов и веков, к рубежу кампана–маастрихта остается 42 рода. Еще более отчетливо это видно при рассмотрении материала по семействам – их них лишь немногие вымирают, появляющихся высоких таксонов также мало. Тем не менее, на видовом уровне состав комплексов радиолярий в течение рассматриваемого времени значительно обновляется.

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № 0135-2014-0070) и при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-05-00363).

Литература

1. Алексеев А.С. Глобальные биотические кризисы и массовые вымирания в фанерозойской истории Земли // Биотические события на основных рубежах фанерозоя. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. С. 22-47.
2. Афанасьева М.С., Амон Э.О. Радиолярии. М. : ПИН РАН, 2006. 320 с.
3. Брагина Л.Г. Развитие радиолярий в течение позднего альба-кампана // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 5. С. 91-112.
4. Вишневская В.С. Эволюция видового разнообразия меловых радиолярий высокоширотных палеобиохорий // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009. Т. 17. № 1. С. 110-121.
5. O'Dogherty L., Carter E., Dumitrica P., Gorican Š., De Wever P., Bandini A.N., Baumgartner P., Matsuoka A. Catalogue of Mesozoic radiolarian genera. Part 2: Jurassic-Cretaceous // Geodiversitas. 2009. V. 31. № 2. P. 271-356.

ОБЩИЕ ЧЕРТЫ ГЕОДИНАМИКИ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ МОНГОЛИИ

Бямба Ж., Хурэлшагай А.Д.

megd_byamba@yahoo.com, a.khurel@gmail.com,

Монгольский Государственный Университет, г. Улан-Батор, Монголия

Агентство земельных отношений, геодезии и картографии Монголии,
Улан-Батор, Монголия

Составлена геодинамическая карта Монголии, где выделяются окраинно-плитные, внутри плитные структуры и сутуры на основании геологических образований, каждого из геодинамических этапов развития.

Кроме того на основании палеогеодинамических обстановок каждого этапа развития выделены аккреционно-коллизийные комплексы. На основании этих комплексов выделяются геотектонические этапы и циклы с которыми связаны образования гранитно-метаморфического слоя и континентальной коры.

Для каждого крупного геотектонического цикла на территории Монголии выделяются следующие крупные циклы формирования континентальных кор начиная с неопротерозоя.

- Позднебайкальский цикл (Тувинно-Монгольский массив)
- Позднесилурийский цикл (Озерно-Алтайские, Джидинские (Эгийнгольские) и Керуленские) складчатые зоны.

- Позднекарбонный цикл (Южно-Монгольская складчатая зона)

- Полициклические структуры Центрально-Монгольской складчатой зоны. Эта зона разделяется на две резко отличающиеся структуры. Обрамляющие рамы докембрийских ороклинальных структур и внутренние аккреционно коллизийные зоны, которые развивались с позднего протерозоя до конца юры включительно. Формирование такой единой ороклинали, вероятно падает на поздний протерозой, так как структуры, которые образовывались в её пределах взаимно связаны с океаническими процессами коры которые развивались в Монголо-Охотском океане. Первый коллизийный этап развития развивались с конца ордовика до конца перми в пределах Хангая (индосинид), второй этап тоже с конца ордовика до начала юры (ранний киммерид) и до конца юры (поздний киммерид).

1. Теперь остался на первом позднебайкальском этапе развития аккреционно-коллизийных циклов. Этот цикл охватывает со середины неопротерозоя до второй половины эдиакария. Коллизийный процесс отмечен эпиплатформенным чехлом второй половины эдиакария-кембрия. Главными особенностями металлогении являются пластовые фосфориты, а также аллюминовое сырье-нефелиновые сиениты.

2. Следующий каледонский цикл формирования континентальных кор происходит в Палеоазиатском океаническом бассейне. В пределах сложно построенного океанического ложа образуются островные и окраинно-континентальные дуги. Коллизия произошла в конце девона с внедрением калиевых синколлизийных гранитоидов палингенового типа. В этой зоне выявлены месторождения меди-золота, редких металлов и редко-земельных элементов, а также платиноиды.

3. В пределах океана Палеотетис также развиваются островные дуги в конце девона и раннем карбоне. Здесь же коллизия произошла в конце карбона в пределах Южно-Монгольской части и в середине триаса в Солонкерской частях Палеотетиса.

Металлогеннический профиль определяется медно-золотыми, медно-молибденовыми и редкоземельными месторождениями, а также месторождениями коксующихся углей.

4. Последний этап формирования континентальной коры на территории Монголии происходит в пределах Хангай Хэнтэйского океана на конец юры.

Формирование гранитно-метаморфического слоя происходит по этапно с юго-запада на северо-восток путем образования аккреционных процессов. Первая аккреционный этап продолжается с конца ордовика до конца девона.

Второй этап развывался в течение позднего ордовика-вероятно карбона-раннем перми. А третий завершающий аккреционный этап продолжался в течение поздней перми до конца юры.

В пределах этих трех этапов развития аккреционных этапов завершается развития коллизионных процессов в конце триаса-юры, которые определяются щелочными и субщелочными гранитоидами крупных размеров.

Здесь необходимо отметить, что в Хангайской и Хэнтэйской зонах с образованием гранитно-метаморфических слоев во-время совпадает внедрение плюмовых интрузий, отмеченных в работах В.В. Ярмолюка и Кузьмина.

С этой Центрально-Монгольской складчатой зоной связаны золоторудные, железорудные, полиметаллические а также редкометальные и редкоземельные месторождения.

Кроме того в пределах этой зоны на ее востоке выявлены многочисленные флюоритовые и буро-угольные месторождения.

Таким образом мы видим, что геодинамика геологического прошлого является определяющим фактором размещения полезных ископаемых.

Природные факторы Монголии таких как, сейсмология, морфология поверхностных элементов Земли, состав и типы почвы, распределение геохимических элементов, гидрогеологические и инженерно-геологические условия, также определяются геодинамикой. Она является и предопределяющей основой для определения народно-хозяйственного значения Земельных ресурсов и их оценки. Таким образом изучение современных геодинамических условий территории Монголии является важнейшей задачей для дальнейшего развития народного хозяйства страны в целом.

Литература

1. Бямба Ж. Основные этапы развития тектонические структур Монголии в позднем рифее-раннем палеозое // Геотектоника. 1987. № 4. С. 75-84.
2. Дергунов А.Б., Зайцев Н.С., Моссаковский А.А., Перфильев А.С., 1971, Герциниды Монголии и проблема Палеотетиса // Проблемы теоритической и региональной тектоники. М. : Наука.
3. Дергунов А.Б. Каледониды Центральной Азии. М. : Наука, 1989. 192 с.
4. Кузьмичев А.В., 2004, Тектоническая история Тувино-Монгольского массива, Москва. ПРОБЕЛ-2000, 191 с.
5. Митрофанов Ф.П., Козаков И.К., Палей И.П., 1981, Докембрий Западной Монголии и Южной Тувы. Ленинград, Наука, 152 с. Проблемы тектоники Центральной Азии (под ред. М.Г. Леонова), 2005, Москва : Геос, 243 с.
6. Т Тикуннов Ю.В., 1994, Геохимия девонских вулканитов островодужного типа Центральной и Западной частей Горного Алтая., 1994, Препринт № 2, Новосибирск, 54 с.
7. Шенгёр А.М., Натальин Б.А., Буртман В.С. Тектоническая эволюция Алтаид // Геология и Геофизика. – 1994. – №7-8. – С. 41-58
8. Федотова А.А., Хаин Е.В., 2002, Тектоника юга восточного Саяна и его приложение в Урало-Монгольском поясе, Москва, Научный мир, 175 с.
9. Хераскова Т.Н., Ильинская М.С., Лувсанданзан Б., 1987, Венд-нижнепалеозойские формации каледонид Северной Монголии, Раннегеосинклинальные формации и структуры, Москва, Наука. С. 67-100.
10. Тектоника Монгольской Народной Республики / под ред. А.Л. Яншина. Москва. Наука, 1974 Суетенко О.Д., 1971, Тектоника палеозой юго-восточной Монголии.

МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ РЕПЕРЫ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЧИРЧИК-АХАНГАРАНСКОГО БАССЕЙНА

Стельмах А.Г.

stelmakhag@rambler.ru, Национальный университет Узбекистана
имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан

Голоценовые отложения Узбекистана как отложения четвертичного периода изучались не планомерно: одни работы носят обзорный характер, другие посвящены детальному изучению отдельных разрезов. Обычно под сырдарьинским или амударьинским комплексом объединяют голоценовые отложения различного генезиса и литологического состава. С другой стороны, применяемые геоморфологические критерии расчленения и корреляции не решает проблему их межрегиональной корреляции.

Развитие методов палеомагнитной корреляции континентальных плейстоцен-голоценовых отложений дает возможность привязать характерные комплексы отложений к некоторым рубежам абсолютной геохронологической шкалы. Такими рубежами являются границы зон прямой и обратной полярности, также зоны кратковременных геомагнитных отклонений. Последние являются надежными магнитостратиграфическими реперами для межрегиональной корреляции опорных плейстоцен-голоценовых разрезов [1].

Чирчик-Ахангаранский бассейн в физико-географическом отношении охватывает территорию Узбекистана, выделяемую в геологической литературе под наименованием Приташкентского района, и представляет собой предгорно-горную территорию. Голоценовые отложения района исследования литологически характеризуются отчетливо выраженной слоистостью: верхние горизонты представлены чередующимися прослоями суглинков и супесей лёссовидного облика с линзами мелкозернистого песка и глины, а в основании залегают обычно грубозернистые породы – пески с линзами супеси и гравия, гравий с включением обломков мергеля и отдельных галек. Здесь пойменные и террасовые голоценовые отложения ограничены рамками русел рек и представлены от суглинков до песка и галечников включительно.

Для палеомагнитного изучения голоценовых отложений были выбраны ряд опорных разрезов. Палеомагнитные лабораторные измерения образцов проводилась по стандартной методике. Для образцов проводились измерения естественной остаточной намагниченности (ЕОН) и магнитной восприимчивости (МВ), также применялись магнитные чистки: переменным магнитным полем и температурой.

В целом, было установлено, что ЕОН голоценовых отложений района исследования изменяется в широких пределах $(2,0-52,0) \cdot 10^{-6}$ СГС при среднем значении ЕОН равном $24,0 \cdot 10^{-6}$ СГС, а магнитная восприимчивость МВ варьирует в пределах $(12,0-90,0) \cdot 10^{-6}$ СГС при среднем значении МВ равном $30,0 \cdot 10^{-6}$ СГС. При этом отмечается, что с начала голоценовой эпохи ЕОН уменьшается от $52,0 \cdot 10^{-6}$ СГС до $2,0 \cdot 10^{-6}$ СГС, а МВ увеличивается от $12,0 \cdot 10^{-6}$ СГС до $90,0 \cdot 10^{-6}$ СГС. Увеличение МВ объясняется укрупнением фракции ферромагнитных минералов. Низкие значения ЕОН соответствуют периодам кратковременного отклонения геомагнитного поля.

Отображение геомагнитной структуры в намагниченности голоценовых отложений в пределах реки Чирчик показывает, что отложения второй надпойменной террасы в разрезе Келес намагничены по направлению современного магнитного поля Земли (среднее значение склонения равно 356° ; среднее значение наклона равно 58°), только на глубине 0,6-0,8 м в пролювиальных лессово-почвенных отложениях установлен кратковременный полярный экскурс геомагнитного поля (максимальное значение склонения равно 165° , максимальное значение наклона равно 30°).

Отложения второй надпойменной террасы в верхнем течении реки Келес также намагничены по направлению современного геомагнитного поля (среднее значение склонения равно 358° ; среднее значение наклона равно 58°), здесь полярный экскурс не уста-

новлен. В целом отложения второй надпойменной террасы намагничены прямо с проявлением одного кратковременного экскурса.

В целом, отложения поймы и первой надпойменной террасы, сложенной в верхней части аллювиальными суглинками, намагничены по направлению современного магнитного поля Земли (среднее значение склонения равно 5^0 ; среднее значение наклона равно 58^0). Изучение магнитных свойств голоценовых отложений второй надпойменной террасы в пределах реки Чирчик показало, что они намагничены по направлению современного магнитного поля Земли (среднее значение склонения равно 35^0 ; среднее значение наклона равно 58^0). Однако, в верхней части пролювиальных и делювиальных лёссово-почвенных отложений в нескольких разрезах установлен кратковременный полярный экскурс (максимальное значение склонения равно 178^0 ; максимальное значение наклона равно 38^0).

В наложенных террасах реки Ахангаран в одном случае в делювиальных суглинках установлен кратковременный обратный эпизод геомагнитного поля (среднее значение склонения равно 180^0 ; среднее значение наклона равно -58^0). Кратковременные эпизоды и экскурсы в разрезах прослеживаются в толще пород от 0,2 до 1,5 м. Отложения первой надпойменной террасы в изученных разрезах намагничены по направлению современного магнитного поля (максимальное значение склонения равно 5^0 ; максимальное значение наклона равно 58^0).

Наряду с речными голоценовыми отложениями района исследования изучены осадки предгорных шлейфов, которые венчают мощные толщи лёссово-почвенных отложений. Их мощность не превышает 2-3 м и, чаще всего, представлены современными почвенными образованиями. Палеомагнитное изучение показало, что данные осадки намагничены так же, как террасовые отложения, главным образом, по направлению современного магнитного поля Земли. Однако, в зоне прямой полярности зафиксирован один полярный эпизод геомагнитного поля (среднее значение склонения равно 186^0 ; среднее значение наклона равно -52^0).

При составлении магнитостратиграфической шкалы были также рассмотрены палеомагнитные характеристики голоценовых отложений высокогорных озер Сарычелек и Карасу.

Результаты палеомагнитного изучения показали, что образцы из озера Сарычелек намагничены прямо, но в зоне прямой полярности, в отличие от образцов пород из озера Карасу, зафиксирован кратковременный полярный экскурс (максимальное значение наклона равно 150^0 ; максимальное значение наклона равно 30^0). Отложения озера Карасу в целом намагничены прямо, только в средней части колонки в зоне прямой полярности выделен кратковременный эпизод обратной полярности (среднее значение склонения равно 192^0 ; среднее значение наклона равно -58^0).

Результат идентификации палеомагнитных уровней в колонках магнитной полярности каждого разреза голоценовых отложений позволил составить для Чирчик-Ахангаранского бассейна шкалу геомагнитной полярности голоцена [2]. В этой шкале в верхней части ортохрона прямой полярности Брюнес установлены три микрохрона голоцена – один полярный экскурс и два обратных эпизода, которые являются региональными магнитостратиграфическими реперами. Возраст полярного экскурса по термолюминесцентному методу определен в 7800 лет, первого эпизода – 5700 лет и второго – 1600 лет.

Литература

1. Стельмах А.Г. Стратиграфическое расчленение голоценовых отложений Чирчик-Ахангаранского бассейна // Вестник НУУз, направление естественных наук, 3/1. Ташкент : НУУз, 2015. С. 147-149.
2. Стельмах А.Г. Палеомагнитные и палеопочвенные критерии в стратиграфии плейстоцен-голоценовых отложений Чирчик-Ахангаранского региона // Вестник НУУз, направление естественных наук, 3/1. Ташкент : НУУз, 2016. С.185-188.

АУТИГЕННЫЕ КАЛИЕВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАРБОНА БЛИЖАЙШЕГО ПОДМОСКОВЬЯ

¹Яшунский Ю.В., ²Новиков И.А., ³Быстров И.Г., ⁴Гришин С.В.

¹yryashunsky@gmail.com, ООО «Минерал-Инфо», Москва, Россия; ²toiaia@rambler.ru,

ИГЕМ РАН, Москва, Россия; ³bysivg@gmail.com, ФГБУ «ВИМС», Москва, Россия;

⁴grishn69@mail.ru, ГИН РАН, Москва, Россия

Аутигенные калиевые полевые шпаты (КПШ) в осадочных карбонатных породах, не подвергавшихся термобарическим воздействиям, известны практически на всех континентах и в широком возрастном диапазоне отложений – от позднего протерозоя до кайнозоя включительно (Пустовалов, 1956; Kastner, Siever, 1979; Leitner, 2015).

В ближайшем Подмосковье впервые более или менее достоверные сведения об аутигенных КПШ были опубликованы в начале прошлого века М.Ф. Гранджином (Grandjean, 1910). В Мячковском карьере, в известняках мячковского подъяруса московского яруса среднего карбона им были обнаружены микроскопические кристаллы микроклина.

В настоящее время аутигенный КПШ на указанной территории установлен нами на восьми объектах в отложениях нижнего, среднего и верхнего карбона.

Первые находки калиевых полевых шпатов были сделаны в известняках касимовского яруса верхнего карбона в Русавкинском карьере. Средний размер зерен составляет 0,1-0,2 мм, их содержание в известняках весьма неравномерное и колеблется от первых зерен до нескольких десятков тысяч зерен на 1 кг пород.

Зерна, как правило, имеют зональное строение. Центральные части (ядра) неправильной формы, микрокавернозны, содержат микровключения апатита, циркона и барита, а также обладают отчетливой и контрастной катодоллюминесценцией. Ядра зерен окружены каймами, которые достраивают произвольные по облику ядра до почти идеально оформленных кристаллических форм. Каймы водянопрозрачные, не содержат включений, не показывают никакой люминесценции.

По данным микронзондового анализа химический состав кайм близок к идеальному санидину с преобладанием K_2O над Na_2O и крайне низкими содержаниями CaO и BaO в катионной части. В совокупности с рентгенографическими данными КПШ кайм идентифицируется как К-санидин.

На всех изученных объектах размеры и морфология зерен КПШ оказались практически одинаковыми: они всегда обладают резко идиоморфными очертаниями с отчетливой триклинной или моноклинной морфологией. Форма зерен варьирует от изометричной до короткостолбчатой, в ряде случаев встречаются псевдоскелетные кристаллы. Аутигенная природа КПШ доказывается резким идиоморфизмом их кристаллических форм, чистотой и гомогенностью химического состава, а также отсутствием катодоллюминесценции.

Однако наиболее интересные находки были сделаны Домодедовском карьере, где на двух уровнях разреза были установлены псевдоморфозы аутигенного калиевого полевого шпата по карбонатному органогенному детриту.

Первый уровень соответствует границе щуровской свиты подольского подъяруса и коробчеевской свиты мячковского подъяруса московского яруса среднего карбона, второй уровень приурочен к средней части домодеевской свиты мячковского подъяруса. Ранее (Иванова и др., 1955; Goreva et al., 2009) доломитизированные глины этих частей разреза были диагностированы как продукты преобразования вулканических пеплов.

Во всех пепловых прослоях аутигенный калиевый полевой шпат представлен тонкокристаллическими агрегатами, сложенными очень простыми кристаллическими формами. Замещению этими агрегатами подвержен преимущественно криноидный детрит – членики морских лилий, таблички панцирей и иглы морских ежей, а также стенки раковин фораминифер. Замещение иных карбонатных скелетных остатков не наблюдается.

По данным микронзондового анализа химический состав, параметры элементарных ячеек и показатели Al/Si упорядоченности позволяет идентифицировать КПШ, замещающий кальцитовый органогенный детрит, как К-санидин. По этим параметрам он оказался идентичным найденному в Русавкинском карьере.

Одинаковость химического состава всех разновидностей новообразованных калиевых полевых шпатов на всех изученных объектах позволяет предположить наличие единого процесса их формирования, а имеющиеся морфологические различия – особенностями литологического состава вмещающих пород.

К сожалению, на сегодняшний день методами стадийного анализа не удалось связать формирование аутигенных калиевых полевых шпатов с каким-либо известным в изученных отложениях диагенетическим или эпигенетическим процессом.

Поэтому в качестве рабочей гипотезы были использованы представления большинства отечественных и зарубежных исследователей, которые связывают образование таких алюмосиликатов в областях развития карбонатных пород, не подвергавшимся никаким термобарическим воздействиям, с гравитационно-рассольным эпигенезом, когда придонные рассолы эвапоритовых морских палеобассейнов, богатые, в частности калием, проникли в нижележащие горизонты.

Для этого К-Ar-методом был определен абсолютный возраст тонкокристаллического санидина, заместившего органогенный детрит. По отношению к возрасту вмещающих отложений абсолютный возраст санидина оказался на 40-50 млн лет моложе и соответствует средней и верхней перми.

Как известно, отложения перми в пределах изученной территории отсутствуют.

Однако, если гипотеза о связи формирования аутигенных полевых шпатов с процессами рассольного эпигенеза в должной мере подтвердится, то тогда, с определенной степенью уверенности можно будет говорить о том, что в пределах ближайшего Подмосковья в пермское время существовали эвапоритовые морские бассейны. Иными словами, подобные минералогические исследования возможно могут быть использованы в палеогеографических и палеофациальных реконструкциях морского осадконакопления, восполняя неполноту геологической летописи.

Литература

1. Иванова Е.А., Хворова И.В. Стратиграфия среднего и верхнего карбона западной части Московской синеклизы // М. : Изд-во АН СССР, 1955.
2. Пустовалов Л.В. О вторичных полевых шпатах в осадочных породах (Обзор главной литературы) // О вторичных изменениях осадочных пород : Труды ГИН АН СССР, вып. 5. М. : АН СССР, 1956. С. 207-222.
3. Goreva N.V., Isakova T.N., Alekseev A.S., Kabanov P.B., Kossovaya O.L. Domodedovo section. Neostatotype of Moscovian stage and Myachkovian substage // Type and reference carboniferous sections in the south part of the Moscow basin. Field trip guidebook of International Field Meeting of the I.U.G.S. Subcommission on Carboniferous Stratigraphy «The historical type sections. proposed and potential GSSP of the carboniferous in Russia». August 11-12. 2009. Moscow. 2009. P. 65-90.
4. Grandjean M.F. Deuxième note sur le feldspath néogène des terrains sédimentaires non métamorphiques // Bulletin de la Société française de minéralogie. 1910. T. XXXIII. P. 92-97.
5. Kastner M., Siever R. Low temperature feldspars in sedimentary rocks // American Journal of Science. 1979. Vol. 279. P. 435-479.
6. Leitner C. Authigenic K-feldspar in salt rock (Haselgebirge Formation, Eastern Alps) // Geophysical Research Abstracts. 2015. Vol. 17. EGU2015-7010.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСЧЛЕНЕНИЮ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕПЛОСТАНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (МОСКВА)

Маленкина С.Ю.

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

Теплостанская возвышенность, являющаяся эрозионным останцем, рельеф и геологическое строение которой во многом определились развитием ледниковых покровов в плейстоцене, сложена в основном именно меловыми отложениями. Поверхность возвышенности в целом имеет ступенчатый характер. Ступени-холмы от реки Москвы поднимаются к Теплому Стану (с максимальной отметкой 255.2 м). Абсолютные отметки ступеней – 175-180, 190-00, 210-230 м (Москва..., 1997). Исследование меловых отложений Москвы началось более ста пятидесяти лет назад и связано с именами В. Странгвайса, Ф. Вальдгейма, И. Ауэрбаха, Г. Фриерса, Р. Мурчисона, А.И. Оливьери, Г. Траутшольда, Е. Эйхвальда, Г.Е. Щуровского, С.Н. Никитина, А.П. Павлова, В.Д. Соколова, А.П. Иванова, А.Н. Розанова, Е.В. Милановского, В.Г. Хименкова, С.А. Добрава, М. В. Шмидт, Б.М. Даньшина, П.А. Герасимова, А.Г. Олферьева, Т.Ю. Жаке, Барабошкина Е.Ю. и многих других исследователей, но так до конца и не прояснило детали строения мелового разреза Теплостанской возвышенности, особенно наличие верхнего мела. В послевоенные годы изучение осуществлялось в основном при помощи скважин, дающих лишь ограниченную информацию. Среднемасштабное геологическое картирование, осуществлявшееся в 80-е гг. XX века, позволило расчленить меловые отложения на свиты и толщи, но в литературе отсутствуют подробные их описания. Возраст часто определялся по положению в разрезе и литологическому сходству с аналогами (преимущественно в районе Яхромы), содержащими фаунистические остатки, в отличие от теплостанских, где их почти не найдено.

Наиболее полными меловыми разрезами отличаются самые высокие ее части. Предпринятое автором тщательное изучение многочисленных обнажений меловых пород Битцевского леса и в частности верховьев р. Городни и р. Чертановки и сравнение их с другими разрезами Теплостанской возвышенности расширяет возможности для уточнения геологического строения меловых отложений, как данной местности, так и Москвы в целом.

Самой нижней из обнажающихся здесь является **бутовская** толща, представленная песками неравномерно глинистыми и ожелезненными с тонкими прослойками темных глин и алевритов до 5 см с редкими сидеритовыми конкрециями. Видимая мощность 2,5 м. В других разрезах: в Коломенском – около 7 м, на Воробьевых горах – 1-2 м. Выше без рекой границы ложится **икшинская** свита, сложенная преимущественно белыми, реже светло-серыми и желтоватыми, тонко-мелкозернистыми, редко до среднезернистых, с горизонтальной параллельной или косой диагональной слоистостью, кварцевыми, слюдястыми, с маломощными (2-3 см) прослоями серых и сиреневых алевритистых глин. Белые пески без признаков биотурбации с горизонтальной, косой однонаправленной и косоволнистой (нередко флазерной, бугорчатой и др.) текстурой чередуются со слоями слабо или интенсивно биотурбированными, иногда со следами корней растений. В основании верхней части встречаются конкреции и линзы желтоватого песчаника (0,1-0,2 м) с железистым и регенерационным кварцевым цементом. Мощность до 8 м. В Коломенском – до 10-12 м, на Воробьевых горах – 14-16 м **Ворохобинская** свита с размывом (иногда ожелезнением на границе) ложится на подстилающие отложения и начинается пластом темно-серых, часто с сиреневым и буроватым оттенками, биотурбированных алевритовых глин мощностью 0,45-0,5 м. Ходы очень мелкие, часто ожелезнены, заполнены песком. Выше биотурбация в них усиливается, ходы становятся все более крупные, что приводит к увеличению количества песчаного материала, появляются язычковая и волнистая типы ряби, с ожелезнением и частичной цементацией, вероятно сидеритом, за счет чего пачка приобретает сиренево-желтую рябцеватую пестроцветную окраску. Еще выше в них появляются мелкие линзовидные прослои светлых кварцевых мелкозернистых песков, мощность и количество которых вверх по разрезу возрастает. В верхней

части толща становится существенно алевритовой, без глин, пятнистой, интенсивно биотурбированной. Мощность свиты на Городне 8-9 м, на Чертановке меньше, на Воробьевыхгорах – 6-7 м, в Коломенском ее нет. **Волгушинская** свита залегает на ворохобинской с четким контактом, со следами резкого обмеления, в основании с линзами, реже прослоем слабого железистого песчаника. Она обнажается в обрывах как на р. Городне и вдоль ее правого притока, так и на р. Чертановке. Внизу пески серые и светло-серые, иногда с коричневато-бурым оттенком слюдистые, полевошпат-кварцевые, от крупно- до мелкозернистых различной сортировки, массивные биотурбированные и косослоистые (до 1 м), вверху с желваками сидеритов и глинистыми прослоями. Выше пески становятся сначала мелкозернистыми, затем переходят в алевриты светло-серые глинистые, чередующиеся с глинами алевритовыми. Верхняя часть представлена мелкозернистыми желтовато- и зеленовато-серыми, иногда пестрыми от более светлых ходов инфауны ожелезненными кварцевыми песками (0,6 м), чередующимися с серыми с сиреневым оттенком средне-мелкозернистыми глинисто-аледритистыми песками. В верхах присутствуют сильно ожелезненные сильно слюдистые пески переходящие латерально в охристые крепкие песчаники (до 0,5 м), испещренные светлыми ходами. Мощность свиты здесь до 8 м, на Воробьевыхгорах – 6,5-7 м. **Гаврилковская** свита выходит на поверхность лишь 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 разнозернистыми, с линзочками глин, с гравием и мелкой галькой кварца, кремня, иногда с песчаниками. Выше пески становятся интенсивно зелеными мелко-зернистыми, 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 косою диагональной слоистостью. Мощность свиты 5 м. В других разреза отсутствует. **Парамоновская** свита залегает выше и представлена здесь переслаиванием темных зеленовато-серых и темно-зеленых глауконит-кварцевых тонко- и мелкозернистых глинистых песков, алевритов и глин, в основании с примесью гравийных зерен в основном кварцевых. Внизу она более однородная, несмотря на биотурбации 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. В отвалах тоннелей метро проложенного внутри ближайшего водораздела обнаружены темно-серые глины, в мокром состоянии почти черные (аналогичные по внешнему виду обнажающимся в стратотипе в д. Парамоново). В них иногда имеются некрупные ходы, заполненные зелеными песками и алевритами. Также в отвалах наблюдались зеленые и синевато-зеленые глауконитовые песчаники с ходами выполненными темными глинами. Вероятно, это вышележащие слои, не вскрываемые рекой. Суммарная мощность свиты по абсолютным отметкам обнажений здесь не менее 10 м. 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 присутствуют многочисленные глыбы характерных песчаников с крупными ходами.

Выводы:

1. Тщательное изучение многочисленных обнажений меловых пород Битцевского леса и сравнение их с остальными разрезами Теплостанской возвышенности и других территорий, расширяет возможности для уточнения геологического строения меловых отложений и условий их образования, как данной местности, так и Москвы в целом.
2. Они образуют непрерывный разрез нижнемеловых отложений от бутовской толщи баррема до альбской парамоновской свиты. Каждая свита имеет свой характерный облик.
3. Обнажения доступны для изучения, разнообразны и более информативны в отношении текстур, чем скважины и могут дополнить их. Также могут служить для учебных целей.

НОВЫЕ ОБЪЕКТЫ ПОДМОСКОВНОЙ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Погребс Н.А.

pogrebs@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Для проведения Подмосковной учебной геологической практики во МГРИ-РГГРУ используются как классические обнажения и разрезы в действующих и заброшенных карьерах, так и новые объекты. В последнее время карьеры в ближайшем Подмосковье рекультивируются (Подольский, Никитский и Домодедовский карьеры), и маршруты проводятся в удаленных районах Московской области и в соседних областях (карьер Заборье г. Серпухов, Новогуровский карьер Тульской обл., Горский карьер д. Озеры). С 2006 года на практике изучается разрез в карьере возле дер. Карпово (разработчики Новиков И.А., Маленкина С.Ю.). С 2010 года в маршруты включено обнажение заброшенного карьера 55 км Казанской железной дороги (геологический памятник – стратотип гжельского яруса верхнего карбона) (разработка Яшунского Ю.В.). В 2014-2015 гг. маршруты проводились в Егановском карьере (при содействии с МIRONENKO A.) и в карьере с. Ильинского (по материалам АРИСТОВА В.В.).

Карповский карьер находится на окраине дер. Карпово в Ступинском районе Московской области. Используется для добычи силикатных песков и легкоплавких суглинков. В стенках карьера можно изучать четвертичные отложения (покровные суглинки, флювиогляциальные отложений и морену московского оледенения среднего плейстоцена), разрабатываемую толщу плиоценовых аллювиальных песков, которые подстилаются мячковскими известняками московского горизонта среднего карбона. В карстовых карманах неровной поверхности известняков наблюдаются отложения байосс-батского и келловейского ярусов средней юры и оксфордского яруса верхней юры.

Ильинский карьер находится возле одноименного села в Дмитровском районе. В нем добывались песчано-гравийные материалы. В стенках карьера можно наблюдать все генетические типы плейстоценовых отложений – моренные и флювиогляциальные отложения московского оледенения среднего плейстоцена, покровные суглинки среднего и верхнего плейстоцена, озерные и болотные отложения микулинского межледниковья, а также отторженцы глауконитовых песков альбского яруса верхнего мела.

Егановское месторождения расположено на окраине д. Еганово Раменского района. В нем добываются пески формовочные, стекольные и строительные. Разрез стенок карьера включает четвертичные отложения (московскую морену, флювиогляциальные отложения и покровные суглинки), пески плиоцена, толщу нижнемеловых отложений (пески икшинской свиты аптского яруса, пески, алевриты и глины котельниковской и бутовской свит готеривского и барремского ярусов, пески ярославльской свиты нижнего готерива, белые кварцевые пески люберецкой толщи берриасского яруса). В мелиоративных канавах вскрываются черные глины с фосфоритовой плитой лопатинской свиты верхнего подъяруса и глауконитовые пески и глины костромской, егорьевской и филевской свит среднего подъяруса волжского яруса верхней юры (Олферьев, 1986).

В стенке карьера 55 км наблюдается контакт известняков касимовского и доломитов гжельского ярусов верхнего отдела каменноугольной системы. Здесь и в соседних расчистках и закопушках можно описывать и опробовать слои известняков, доломитизированных известняков, доломитов и глин нижней части гжельского яруса (Алексеев, 2009; Яшунский, 2008-2009).

Карьер Заборье Серпуховского района Московской области разрабатывался для добычи карбонатных пород нижнего отдела каменноугольной системы (веневский, тарусский, стешевский и протвинский горизонты серпуховского яруса нижнего карбона). Карьер заброшен, частично завален строительным мусором, на дне образовался водоем, но сохранилось несколько обнажений, пригодных для описания.

Отложения веневского и тарусского горизонтов наблюдаются в нижнем уступе карьера около водоема, они представлены толсто плитчатыми известняками и средне плитчатыми глинистыми известняками. Стешевский горизонт наблюдается в средней части карьера, представлен глинистыми известняками с прослоями глин вверх по разрезу переходящих в глины с прослоями мергелей и в палыгорскитовые глины. Верхняя часть разреза – протвинский горизонт – это известняки с кремневыми конкрециями и карстовыми трещинами и каналами (Кабанов, 2004).

Аналогичный разрез нижнекаменноугольных отложений можно наблюдать в Новогурьевском карьере Тульской области. Кроме того, в нижней части карьера можно увидеть разрез визейского яруса нижнего карбона (алексинский и михайловский горизонты). Алексинский горизонт представлен серыми детритовыми известняками, в верхней части переходящие в углистые глины и угли. Михайловский горизонт также представлен серыми детритовыми известняками с несколькими прослоями глин и углей. В верхней части карьера отмечаются зеленовато-серые полимиктовые пески и алевритистые буро-красные шлины верейского горизонта московского яруса среднего карбона. Этот карьер действующий, в нем свежие разрезы с обильной фауной продуктид, но до него очень сложно добираться.

В Горском карьере около д. Озеры на щебень разрабатываются известняки подольского горизонта московского яруса среднего карбона, представленные белыми известняками, доломитизированными известняками и доломитами с прослоями светло-серых кремней.

Масштабные работы по благоустройству проведены в 2015-16 гг. в Коломенском – все сохранившиеся в оврагах и на берегу реки Москвы обнажения засыпаны и забетонированы. В г. Москве проводятся маршруты по р. Шмелевке (разработка Шкурского Б.Б., 2008 г) и в Битцевском парке (разработка Маленкиной С.Ю., 2011 г.).

В Битцевском парке города Москвы, расположенном в юго-восточной части Теплостанской возвышенности, в долине р. Городни и ее притока Большой Глинки можно наблюдать разрез нижнемеловых отложений аналогичный разрезам в обнажениях на реке Волгуше в окрестностях деревни Парамоново и бывшей деревни Гаврилково в Дмитровском районе

Нижнемеловые отложения достаточно разнообразны и представлены снизу вверх: барремскими светло-серыми алевритами бутовской свиты, аптскими белыми кварцевыми песками с прослоями глин икшинской свиты, темно-серыми с сиреневым оттенком глинами ворохобинской и серыми и коричневатобурыми песками и песчаниками волгушинской свит. Верхняя часть разреза наблюдается в обнажениях на р. Большая Глинка. Это альбские желтовато-коричневые ожелезненные пески и песчаники колокшинской свиты, бурозеленые глауконитовые пески и глины гаврилковской свиты, темно-серые глины парамоновской свиты (Маленкина, 2012).

В береговых обрывах реки Шмелевка (ст. метро Красногвардейская) наблюдаются выходы лопатинской (темно-серые глины) и кунцевской (желтовато-серые песчаники с глауконитом) свит волжского яруса верхней юры – бериасского яруса нижнего мела с многочисленными фаунистическими остатками.

Литература

1. Алексеев А.С., Горева Н.В., Исакова Т.Н., Косовая Т.Л. Стратотип гжельского яруса (верхний карбон) в Подмосковье. 2009.
2. Кабанов П. Б. Стратотип серпуховского яруса в карьере Заборье (Подмосковье). Часть II. Профили субаэральной экспозиции и цикличность. Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2004, т.12, с. 40-50.
3. Маленкина С.Ю. Возможности использования меловых разрезов Московского региона для студенческой геологической практики.
4. Олферьев А.Г., Бурковский В.П., Пантелеев Н.В. и др. Отчет Тематической стратиграфической партии Московской геологоразведочной экспедиции ПГО «Центргеология» «Детализация стратиграфической схемы меловых отложений южной части Московской синеклизы», том 2, книга 1 «Описание опорных обнажений», М., 1986.
5. Яшунский Ю.В., Давыдов А, Алексеев А.С. Опробование и диагностика стратотипического разреза 55 км в 2008-2009 гг.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СТРАТИГРАФИИ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕЙ-ВЕРХНЕЙ ЮРЫ (БАЙОС-БАТ, КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРД) В РАЗРЕЗАХ г. МОСКВЫ И ПОДМОСКОВЬЯ

¹Школин А.А., ²Маленкина С.Ю.

maleo@mail.ru, ¹ФГУНПП «Аэрогеология», Москва, Россия;

²Геологический институт РАН, Москва, Россия

В последние годы авторами проведено изучение ряда разрезов нижней части юрских отложений в г. Москве – по строительным котлованам Москва-Сити, материалам буровых скважин у м. Полежаевская и Воробьевых гор. Исследования стратиграфии и ископаемой фауны московских разрезов келловей-оксфорда, имеют длительную (с сер. 19 в.) историю; в 20 столетии наибольший вклад внесен Б.М. Даньшиным (1947), П.А. Герасимовым (1971), в последнее время А.Г. Олферьевым (1986, 2012). В Москве и ее районе находятся также типовые и опорные разрезы ряда региональных стратонев (свит, толщ) Унифицированной схемы юры (2012) для Московского региона. Новые материалы совместного изучения этих, и ряда других, разрезов особенно по стратиграфии и аммонитам келловей-оксфорда, согласуются, а также уточняют и дополняют прежние представления (Маленкина и др., 2007-2016; Школин и др., 2014-2016). Сложно-расчлененный рельеф известнякового фундамента карбона (наличие крупной доюрской палеодолины – Главной Московской ложбины с притоками) оказал большое влияние на полноту и мощности отложений юры; перепады абсолютных отметок достигают 40-50 м. К впадинам приурочены континентального происхождения кудиновская и москворецкая толщи (байос-бат); выше залегают морские отложения, свиты – люблинская, криушская, чулковская (великодворская, подосинковская, ратьковская подсвиты) (келловей-средний оксфорд), подмосковная, коломенская, ермолинская (макарьевская) (верхний оксфорд-низы кимериджа). В отложениях среднего келловей-оксфорда местами обильные ископаемые, в т.ч. аммониты.

На северо-западе г. Москвы, **близ м. Полежаевская** (ул. Народного ополчения), в р-не Ходынской палеодолины, на карбоне (абс. отм. ок. 87-92 м) и в заполнениях карста развиты серо-зеленые жирные глины с мукой и дресвой известняка кудиновской, а выше серые и бурые и углистые пески с остатками флоры москворецкой толщи (общ. мощн. до 15 м). С размывом выше пачка глин серых и зеленовато-серых, в основании с известняковой и кремневой галькой и песчаных, с оолитами и прослоями мергеля (до 6,5 м) великодворской?, подосинковской подсв, они вверх переходят в глину серую с детритом раковин (до 1 м) ратьковской св. Выше (отм. 107-108 м) серые глины с фосфоритами (4,5-5 м) коломенской и черные глины с пиритом (до 6 м) ермолинской св., с аммонитами верх. оксфорда. Перекрыты полно развитым (до 18 м) волжским ярусом. В близлежащем р-не (ул. Зорге) указаны сходным образом построенные разрезы юры, с карстовыми полостями, заполненными песчано-глинистыми байос-батскими толщами (Габдуллин, Иванов, 2013).

В котлованах ММДЦ «Москва-Сити» – в р-не бывших карьеров Камушки, откуда известны обильные ископаемые (около 97 видов) среднего келловей (Герасимов, 1955, 1958, 1992; Герасимов и др., 1996), на поднятии карбона (абс. отм. ок. 120-121 м), изучен разрез юры сокращенной мощности (ок. 6-7 м); по сборам аммонитов возможно детальное расчленение (Маленкина, Школин, 2007, 2009, 2014). Средний келловей (зона *coronatum*): на доломитах верхнего карбона залегают коричнево-бурые ожелезненные оолитовые пески и песчаники, внизу с галькой кремня (от 0,8 до 2,5-3,0 м), с *Kosmocerasobductum* (Buckman), *Vinatishinctesmosquensis* (Fischer), *Erymnocerascoronatum* (Brugiere) криушской св. (подзона *obductum*). Перекрыты глинами песчано-оолитовыми со стяжениями мергеля (до 0,3 м) с *Kosmocerasgrossouvrei* Douville, *E. coronatum* (подзона *grossouvrei*) великодворской св. Выше – слои, отнесенные к подосинковской св. (верх. келловей-нижн. оксфорд): внизу глины буровато-серые, известковые, с обильными оолитами и прослоем мергеля (до 1 м), с *Kosmocerascf. Phaenum* Buckm., *Lunuloceraspseudopunctatum* (Lah.), *K. proniae* Teiss., *K. cf. Duncani* (Sow.), *Peltoceratoidessp.* (зона *athleta*), выше глины зеленовато-серые слоистые, с конкрециями фосфатного мергеля (до 1,5 м) с *Questedtocerascf. Lamberti* (Sow.), *Peltoceratoid-*

desathletoides Lah., *Parapeltocerasarduennense* (Orb.), *Kosmoceras*cf. *Rowlstonense* (Young et Bird) (зона *lamberti*), наверху с редкими *Cardioceras*sp (зона *cordatum*). Выше они переходят в глины серые с детритом (до 0,5 м) ратьковской св. с частыми мелкими кардиоцератидами *Cardiocerastenuiserratum* (Oppel), *C. Densiplicatum* Boden, *C. excavatum* (Sow.), *C. vertebrale* (Sow.), *C. zenaidae* Płowaisky, крупными *Perisphinctesplacatilis* (Sow.). Аммониты однозначно свидетельствуют о зонах *densiplicatum* и *tenuiserratum* (средний оксфорд). В последних двух пачках развиты постройки строматолитов. Верхний оксфорд – серые и черные глины (коломенская и ермолинская св., до 2,5-3,0 м). Волжские отложения отсутствуют.

Участок с разрезами юры-нижнего мела **района Воробьевых гор**, характеризующийся высокой степенью инженерно-геологической изученности (по многим буровым скважинам), расположен в погруженной части палеорельефа карбона (абс. отм. 77,5-82 м), в связи с чем отложения келловей-оксфорда здесь развиты полно и большой мощности (25-30 м). В 2015-2017 гг. здесь изучено более 50 скважин, пробуренных Мосгоргеотрестом, что позволило нам впервые составить здесь сводный разрез, расчлененный на свиты) (Школин, Маленкина, 2016). Снизу вверх: в основании кое-где есть глинистые пески москворецкой т., выше темные глины (до 1 м) люблинской? св. (нижн. келловей?), глинистые оолитовые серые пески (от 0,3 до 2,7 м) криушской св. (средн. келловей). Выше – с размывом-серые и зеленовато-серые глины, внизу с обильной галькой, сильно оолитовые, со стяжениями мергеля (до 3,5-4 м), подосинковской св., аналогичные описанным выше, с весьма редкими аммонитами: в средней части с *Vertumnicerascf. Mariae* (Orb.), выше с *Cardiocerascordatum* (Sow.) (верх. келловей-нижн. оксфорд), вверх переходящие в ратьковские глины (до 1,2 м) с детритом и аммонитами среднего оксфорда. Выше (абс. отм. 85 – до 104 м) залегает выдержанная мощная толща глин верхнего оксфорда (18-20 м) в составе 3-х свит, внизу с подмосковной св., которой нет в других пунктах (черные глины и пиритом и прослоями глинисто-углеродистых сланцев, до 7 м), а выше сложенная коломенской и ермолинской св., сходных указанным выше. Выше очень полно представлены волжско-нижнемеловые толщи.

По опыту изучения широко развитых как в указанных, так и многих других разрезах, и в обнажениях бассейна р. Москвы (Коломенское-Сабурово, Чагино, Каменная Тяжина, Домодедово, р-н г. Бронницы) глинистых толщ верхнего оксфорда, сложенных описанными выше свитами, намечается стандартная Суббореальная аммонитовая зональность – зоны *alternoides*, *serratum*, *regulare*, *rosenkrantzi*, с подзонами и более дробными подразделениями. Здесь, наряду с образующими последовательность кардиоцератидами (род *Amoeboceras*), присутствуют перисфинктиды и аспидоцератида, а также рр. *Ringstedia*, *Prorasenia*, *Microbiplites*. Наши данные однозначно показывают, что нижняя граница верхнего оксфорда совпадает с основанием залегающей с региональным размывом подмосковной свиты. Комплексы аммонитов, состав которых еще нуждается в дополнительном изучении, позволяют проводить корреляцию среднерусских разрезов с Бореальными и Средиземноморскими регионами. Верхняя часть ермолинской свиты под Москвой, по появлению *Plasmatites* (*P. zieteni*, *P. cf. bauhini*, *P. praebauhini*, *P. tuberculatoalternans*), по-видимому, отвечает уже низам кимериджа (зона *Pictoniabaylei*) (см. Школин, 2015; Мироненко, 2015; Glowniaketal., 2010; Рогов, 2016 и др.).

Выводы

1. На основании сборов аммонитов может быть уточнен возраст ряда подразделений келловей – оксфорда: 1) келловейских песчаных отложений в Москва-Сити (главным образом криушская свита, средний келловей – зона *Coronatum*). 2) Сильно-оолитовые и мергелистые глины, обычно относимые в Москве и Подмоскowie к великодворской свите – следует отнести к подосинковской свите, по возрасту они соответствуют только верхнему келловей-нижнему оксфорду. 3) Вверху чулковской свиты надо вновь выделить ратьковскую свиту (п/св.) (только средний оксфорд). Основание верхнего оксфорда – в подошве подмосковной свиты (зона *alternoides*). 4) Самые верхи глин ермолинской свиты, вероятно, могут соответствовать кимериджу.

2. Как уже нами раньше отмечалось, опыт анализа и сопоставления таких разнофациальных разрезов дает хороший пример практического использования, наряду с данными по биостратиграфии, естественных литостратиграфических единиц (свит и толщ), обладающих четкими границами и характерным обликом.

СЕРИЙНАЯ ЛЕГЕНДА – БАЗОВАЯ ОСНОВА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

¹Карпузова Н.У., ²Арсеньев Б.П.

¹karpuzova@mail.ru, МФ ФБГУ «ВСЕГЕИ», Москва, Россия;

²abp51@yandex.ru, ФБГУ «ВСЕГЕИ», СПб, Россия)

Российская система государственного картографирования включает создание карт масштабного ряда 1:2 500 000–1:1 000 000–1:200 000. Основой стратиграфического каркаса карт служат корреляционные стратиграфические схемы, главными элементами являются серийные легенды к сериям листов ГГК. Все карты составляются в полистном варианте. Новое поколение государственных геологических карт – это качественно более совершенное картографическое произведение, отражающее современные знания о геологическом строении и минерагении территории России. Главная трудность, с которой сталкивается геолог при создании таких карт, связана с необходимостью анализа огромных объемов ретроспективной, как правило, слабо стандартизированной, порой противоречащей современным данным, геологической информации предшественников. Важнейшим этапом составления этих карт всегда являлась разработка их легенд, которые обеспечивали решение вопросов унификации геологической информации, датировки геологических тел, увязке их границ и, что самое главное, генерализацию геологической информации при переходе от крупных масштабов к более мелким. Именно для решения этих вопросов и возникла идея составления серийных легенд. Главной редколлегией по геологической картографии ВСЕГЕИ было принято решение о создании сводных легенд к сериям листов Госгеолкарты-200 и Госгеолкарты-1000. Для этого вся территория России была разбита на 20 серий листов Госгеолкарты-1000/3 и 101 серию листов Госгеолкарты-200, каждая из которых охватывала крупный геологический блок, характеризующийся сходством геологического строения, металлогении и истории геологического развития.

В связи с этим в настоящее время особое значение приобретают вопросы **автоматизированного проектирования**, актуализации и построения легенд к картам геологического содержания масштабного ряда 1:2 500 000–1:1 000 000–1:200 000 в режиме мониторинга с учетом накопленных знаний по геологии, стратиграфии, палеонтологии и др. в рамках легенд к сериям листов (СЛ).

На современном этапе комплектность СЛ определена существующей методической базой, для составляемых традиционным и автоматизированным способами, которые в основном повторяют друг друга. Типовой комплект СЛ должен включать следующие геологические документы:

- рабочие базы данных и знаний;
- легенду в цифровом и аналоговом видах (дочетвертичных отложений);
- легенду в цифровом и аналоговом видах (четвертичных отложений);
- схемы корреляции геологических объектов легенды;
- схемы межсерийной корреляции;
- схему районирования (структурно-вещественного, структурно-фациального и др.), отражающие современное строение территории по основным событийно-возрастным срезам;
- схема расположения стратотипов стратифицированных образований, сопровождающая базу данных подразделений, включенных в серийную легенду;
- схема расположения петротипов вулканических, плутонических и метаморфических комплексов и массивов, надежно датированных изотопно-геохронологическими методами, с базой данных по этим объектам и указанием комплексов, которые они представляют;
- схема геологического районирования и размещения стратотипов квартера;
- схемы минерагенического районирования территории и размещения типовых моделей, прогнозируемых типов полезных ископаемых по основным тектоно-минерагеническим эпохам, увязанным с главными событийно-возрастными срезам;

- объяснительная записка с приложениями. Текстовые приложения к объяснительной записке содержат: таблицы с оценкой степени валидности местных и региональных стратиграфических подразделений, региональных петрографических подразделений; таблицу радиологических возрастов магматических и метаморфических объектов; список литературы; а также материалы к обоснованию условно валидных, впервые выделяемых в легенде подразделений и материалы апробации (протоколы и рецензии) СЛ. В состав графических приложений к объяснительной записке должны быть включены схемы геологической, геофизической и геохимической изученности.

В самом общем виде работы по актуализации легенд серий включают мониторинг, собственно актуализацию и визуализацию СЛ в электронном и аналоговом видах. Постоянно действующий макет серийной легенды полимасштабной геологической карты России как главный элемент единой информационной системы невозможно создать без использования современных технологий.

По заданию Роснедра, авторами настоящего доклада разработан программно-технологический комплекс (свидетельство Роспатента № 2013614453 от 13.05.2013), который не имеет мировых аналогов и прошел государственную регистрацию в Роспатенте РФ. Комплекс был апробирован нами в рамках Государственных контрактов на шести действующих легендах серий масштаба 1:1 000 000 в частности при актуализации Центрально-Европейской СЛ-1000 (НРС 2014), охватывающей 17 возрастных диапазонов от архея до квартера. В итоге в ПТК «Легенда» было построено 86 полотен (легенды, схемы корреляции, длина которых колеблется от 0,5 м до 8 м). В настоящее время продолжает использоваться для актуализации Учуро-Майской СЛ-200.

В Комплексе «Легенда» применены базовые программные технологии и системы самых последних версий (по состоянию на 2016 год). Практически все базовые программные технологии и системы относятся к классу систем «open-source» (системы с открытым кодом) и бесплатны для пользователей, что отвечает программе импортозамещения.

1. Операционная среда – операционные системы Microsoft Windows 7 и 10.
2. Базовая технологическая платформа – MicrosoftDOTNETFramework 4.6 (бесплатно).
3. Система программирования – студия объектно-ориентированного проектирования MicrosoftVisualStudio 2015 (лицензия ВСЕГЕИ).
4. Язык программирования – MicrosoftC# в составе MicrosoftVisualStudio 2015.
5. Система управления базами данных – SQL-сервер Firebird 2.5.6 (бесплатно для РФ).
6. Система управления базами данных PostgreSQL 9.5 (бесплатно).
7. ГИС-сервер – MapServer 6.2 (бесплатно).
8. Язык программирования клиентских приложений JavaScript (бесплатные DLL-библиотеки).
9. Стандартные средства веб-технологий – HTML, CSS, веб-браузеры (бесплатно).

Разработанная ПТК «Легенда» предназначена для формирования и актуализации структурированной базы данных – фактографического базиса картографируемых подразделений, извлечения информационно-справочных данных из ее ресурса, анализа этой информации (в том числе графики), построения моделей — макетов зональных легенд (схем корреляции), региональных схем корреляции, конвертирования данных и их структур в приложения MSWindows (Excel, Access, XML); вывода производных материалов, созданных на основе БД и оформленных в соответствие с методическими рекомендациями. В итоге построен достаточно комфортный и удобный пользовательский интерфейс полностью в базе терминов и понятий предметной области (без технических диалогов и сообщений операционной среды). Разработаны десятки объектных структур и сотни объектных методов.

Перед традиционными, а по сути «ручными» методами построения, актуализации и мониторинга серийных легенд к комплектам Государственных геологических карт автоматизированный Комплекс «Легенда» имеет серьезные геологические, технические и экономические преимущества.

НОВАЯ ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА ДОКЕМБРИЯ ЮВ ФЕННОСКАНДИИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ОБЗОРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Куликов В.С., Куликова В.В.

vkulikova@yandex.ru, Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия

В Институте геологии КарНЦ РАН в 2016 г. разработана новая Хроностратиграфическая схема докембрия ЮВ Фенноскандии, которая включает стратоны трех рангов: 1 – эонотемы, 2 – эратемы, 3 – системы и их аналоги. Подразделения 1 и 2 рангов в основном соответствуют по объему и границам Международной стратиграфической шкале (МСШ) [Oggetal., 2008]. Подразделения 3 ранга в связи с их неодинаковой степенью изученности и отсутствием достаточного количества геологических и геохронологических данных получили разные наименования. Для палеозоя и венда они отнесены к системам МСШ и Общей стратиграфической шкалы нижнего докембрия России (ОСШ) [Стратиграфический кодекс, 2006], для мезо- и неопротерозоя – к суперсистемам, а для архея – к геонотемам.

Для расчленения геологического времени на отрезки, сопоставимые как в докембрии, так и фанерозое использован единый подход. Как известно, в фанерозое такими наиболее значимыми этапами являются геологические периоды со средней продолжительностью около 52 млн лет (при колебаниях от 25 до 80 млн лет), обоснованные палеонтологическими и изохронными данными [напр., История Земли..., 2005 и др.]. В палеопротерозое 6 надгоризонтов (от сумия до вепсия) региональной стратиграфической схемы СЗ СССР в среднем имеют длительность около 100 млн лет каждый [Геология Карелии, 1987] и рассматриваются как системы [Онежская..., 2011; Hanski, Melezhik, 2012; Куликов, Куликова, 2013]. В. Рамсей еще в 1907 году также называл образования некоторых из них системами (напр., ятулийская и калевийская). В мезо- и неопротерозое в России пока не выделено систем за исключением венда (эдиакария, по МСШ), поэтому В.С. Куликов предлагает временно использовать термин «суперсистема» для нижнего, среднего и верхнего рифея вместо принятых в ОСШ одноименных «эратем». Длительность их формирования, так же как продолжительных «систем» протерозоя по МСШ [Oggetal., 2008], которые в нашей схеме не используются, от 200 до 350 млн лет экстремальна для протерозоя и предполагает дальнейшее изучение.

Полученный за последние годы значительный объем геохронологических данных (более 200 датировок) по архейским магматическим комплексам как в России, так и в Финляндии позволяет разделять архейские эратемы на геонотемы продолжительностью 100 млн лет. *Этот термин впервые вводится в стратиграфическую номенклатуру и применяется в составлении геологических карт докембрийских регионов. По своему рангу геонотема приравнивается к системе палеопротерозоя, т.е. предлагаемая хроностратиграфическая схема нижнего докембрия становится сопоставимой по структуре и ранжированию стратонов с фанерозойскими стратиграфическими шкалами России и Мира [Международный..., 2002].*

При составлении легенд к обзорным геологическим картам масштабов 1:500 000 – 1:2 000 000 каждому стратону системы предлагается придать цифровой индекс и свой цвет, при этом стратиграфическая последовательность (от древних к молодым) соответствует цветовой гамме радуги в направлении от фиолетовых к синим, зеленым и желтым:

1) цветовая гамма архейских геонотем – зеленоватые оттенки, близкие к нижнему палеозою МСШ;

2) палеопротерозойские системы – к мезозою и кайнозою МСШ.

Каждое выделенное в масштабе карты геологическое образование имеет свой двух- или трехзначный цифровой индекс, который отражает геологический возраст соответствующих пород с точностью до эратемы или системы (ее аналога) и показывает принадлежность образования (цифры слева направо): **первая** – к эонотеке (1 – архей, 2 – протерозой, 3 – фанерозой); **вторая** – к эратеме внутри эонотемы (1 – палео-, 2 – мезо-, 3 – нео (кайно));

третья – к системе или ее аналогам (суперсистемы для рифея и геонотемы для архея) при нумерации их снизу вверх внутри соответствующей эратемы, напр., это актуально при отсутствии общепринятых наименований в архее. Применительно к нижнему докембрию Фенноскандии используются следующие интервалы (периоды) и их цифровые индексы: палеоархей (более 3.2 млрд лет – **11**); мезоархей (3.2-3.1 – **121**, 3.1-3.0 – **122**, 3.0-2.9 – **123**, 2.9-2.8 – **124**); неоархей (2.8-2.7 – **131**, 2.7-2.6 – **132**, 2.6-2.5 – **133**); палеопротерозой (сумий – **211**, сариолий – **212**, ятулий – **213**, людиковый – **214**, калевий – **215**, вепсий – **216**).

Другие составные части систем и геонотем (отдельные свиты и маркирующие горизонты) выделяются особым крапом на цветовом поле соответствующих стратонов. Цветовая окраска интрузивных образований принципиально не отличается от таковой на государственных геологических картах России. Она традиционно связывается с вещественным составом магматитов: синие и фиолетовые цвета соответствуют ультрабазитам, зеленые – базитам, коричневые – диоритам, красные – гранитоидам и оранжевые – щелочным породам. Индекс интрузивных комплексов состоит из двух частей: буквенной (греческий алфавит), обозначающей преобладающий их вещественный состав (γ – гранитоиды, ν – базиты, σ – ультрабазиты и т.д.), и цифровой, характеризующей период формирования. Метаморфические комплексы на карте показываются ограниченно с использованием различных видов цветной штриховки.

В легенде матричного типа в применении к Геологической карте ЮВ Фенноскандии особо выделяются главные геотектонические этапы развития земной коры региона со следующими временными рубежами (в млрд лет): древнее 3.2 – палеоархейский (древнейшая континентальная кора); 3.0–2.5 – мезо-, неоархейский (гранит-зеленокаменные области); 2.5–2.3 – раннепалеопротерозойский (сумийско-сариолийская рифтогенная система); 2.3–1.92 – среднепалеопротерозойский (ятулийско-людиковийская протоплатформа); 2.0–1.8 – средне-позднепалеопротерозойский (орогении: коллизионная в Беломорской провинции и аккреционная в Ладужской при сохранении протоплатформенного режима в Карельской провинции); 1.8–1.65 – позднепалеопротерозойский (постороженное развитие); 1.65–0.65 – мезо-неопротерозойский (рифейские авлакогены); 0.65–0.26 – венд-палеозойский (Восточно-Европейская платформа).

С использованием разработанной хроностратиграфической схемы составлена новая геологическая карта ЮВ Фенноскандии [Куликов и др., 2017], которая позволит существенно усовершенствовать стратегию изучения ЮВ Фенноскандинавского щита и прилегающих к нему территорий.

Литература

1. Геология Карелии / отв. ред. В.А. Соколов. Наука, 1987. 231 с.
2. История Земли в галактических и солнечных циклах / В.В. Куликова, В.С. Куликов, Я.В. Бычкова, А.Ю. Бычков. Петрозаводск : Изд-во Карельского НЦ РАН, 2005. 250 с.
3. Куликов В.С., Куликова В.В. О национальной стратиграфической шкале нижнего докембрия России. Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства. М., 2013. С. 66-67.
4. Куликов В.С., Светов С.А., Слабунов А.И. и др. Геологическая карта ЮВ Фенноскандии м-ба 1:750 000: новые подходы к составлению // Труды Карельского НЦ РАН, 2017. DOI: 10.17076/geo444.
5. Международный стратиграфический справочник. М. : ГЕОС, 2002. 38 с.
6. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения) / отв. ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров, В.В. Щипцов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 438 с.
7. Стратиграфический кодекс России. СПб. : ВСЕГЕИ. 2006. 48 с.
8. Hanski E.J., Melezhik V.A. Litho-and Chronostratigraphy of the Palaeoproterozoic Karelian Formations. Reading the Archive of Earth's Oxygenation, vol. 1. Berlin: Springer. 2012. P. 39-53.
9. Ogg J., Ogg G., Gradstein F. The Concise Geologic Time Scale. Cambridge, 2008. 177 p.

НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ СОВРЕМЕННОЙ ГРАНИЦЫ ФЕННОСАНДИНАВСКОГО ЩИТА И РУССКОЙ ПЛИТЫ

Куликова В.В., Куликов В.С.

vkulikova@yandex.ru, Институт геологии Карельского НЦ РАН,
Петрозаводск, Россия

Границу Фенноскандинавского щита и Русской плиты на всех геологических картах [[http://geolkart.ru/images/P\(35\)37/P\(35\)37G_inf.jpg](http://geolkart.ru/images/P(35)37/P(35)37G_inf.jpg) и дополнения] исследователи традиционно интерпретируют неоднозначно. В какой-то степени объективно она отслежена по гидрографическим параметрам [Куликов, Полин, Куликова, 2016 и др.]. Однако, геологическое строение границы двух крупнейших сопряженных структур, сложенных, соответственно, докембрийскими и фанерозойскими комплексами, свидетельствует о более сложной эволюции региона, особенно это касается СЗ края плиты. Это обусловлено, во-первых, гипотетическим строением погребенного докембрийского кристаллического фундамента, на котором залегают вендские и палеозойские (девонской, каменноугольной и пермской систем) породы, перекрытые ледниковыми образованиями валдайского оледенения (70 и 20 тыс. лет назад), окончательно сформированными около 12-14 тыс. лет назад. При этом последние представлены водно-ледниковыми формами рельефа (озы, камы), которые затушевывают контуры границы и придают ей общий «волнистый, кружевной» рисунок за счет сопряженных «кольцевых структур» (КС) как палеозойского, так и четвертичного возраста. Возможно, среди современных ландшафтов приграничной со стороны Русской плиты территории существуют и следы ложбин стока талых ледниковых вод – прадельты (ы?) рек Онега, Свирь, Нева, схожих по характеру, формам и размерам (?) с меандрами крупнейших рек Мира (напр., р. Рио Negro в Аргентине, ширина которой составляет 32 км) [http://lh3.ggpht.com/_U1u9AXFhiA0/S6eSIxok06I/AAAAAAAAADzU/WRECF1_rYX0/01.jpg]. Тогда будет объяснимо наложение КС вдоль всей гипотетической границы, что и отмечается на ряде геологических карт регионов СЗ РФ, а каждая отдельная КС диаметром около 80 км может рассматриваться как «индивидуальная меандра» «прареки». Анализ спутниковых снимков (Google Earth) позволил выделить по всему СЗ краю плиты целую серию подобных образований.

Базовой признана геологическая Кенозерская кольцевая «космическая» структура (ГКККС), расположенная непосредственно на границе Фенноскандинавского щита и Русской плиты, где водная система р. Кена – оз. Кенозеро – р. Порженка – оз. Лекшмозеро – оз. Лача вместе с «Каргопольской сушей» [Чернихова, 2008] географически контролирует ее западную и южную дуги [Куликова, Куликов, 2012; 2016]. При этом сегмент к СЗ от оз. Кенозеро сложен докембрийскими палео- и мезоархейскими комплексами, соответственно, Водлозерского блока и Волошовской структуры Сумозерско-Кенозерского мезоархейского зеленокаменного пояса, а ЮВ – фанерозойскими образованиями. На карте гравитационного поля периферия ГКККС подчеркивается отвечающими мантийным узкими полями силы тяжести, что может свидетельствовать об ее исторической автономности и принадлежности к древнейшим образованиям. Однако центральная часть ГС характеризуется гравитационным min. Менее выразительны кольцевые структуры в магнитных полях.

Залегающие на докембрийском фундаменте позднедокембрийские (вендские), по Д.В. Гражданкину [2011], отложения в целом накапливались в обстановках крупной подводной донно-флювиальной дельтовой системы, прадельты и подводных илистых равнин, прослеживаемых далеко на север от границы. Им выделены агминская (редкинский горизонт) (580-557 млн лет (Ma)), солзенская и зимнегорская (беломорский горизонт) (557-550 Ma), а также ергинская (котлинский горизонт) (535 ± 1 или 542 Ma) секвенции. Палеозойские отложения представлены девонской, каменноугольной и пермской системами. Девонские ландшафты [Наугольных, 2014] обусловлены следами относительно мелководных морских, лагунных и аллювиальных отложений, а также разнообразными континентальными фациями (осадки), в том числе с макроостатками наземных растений» мощностью до 300 м.

Карбоновые отложения в виде трех отделов (~ 220 м), залегающих трансгрессивно на размытой поверхности древних разновозрастных отложений (нижний (~100 м) – пестроцветные глины, бокситы Северо-Онежского бокситового района, пески, мергели; средний (~100 м) – песчаники, алевролиты, органогенные известняки; верхний – пестроцветные известняки и доломиты) являются главным геологическим объектом при исследовании общей инфраструктуры, поскольку они вместе с четвертичными ледниковыми образованиями создают особенные ландшафты. С отступлением древнего карбонового моря, вероятно, вдоль Фенноскандинавского материка в пермское время происходило обмеление и закрытие прибрежных водоемов, «закольцовывание» сохранившихся осадочных толщ и формирование глинта, ставшего в будущем барьером для ледниковых масс и местом накопления большеобъемных четвертичных образований – коллекторов, в том числе радиоактивных, редкометалльных и редкоземельных элементов [Куликов и др., 2012], что подчеркивается особенностями теплового поля, контролирующего предполагаемую границу щита и плиты [Карта некоррелированного..., 2000].

Литература

1. Государственная геологическая карта дочетвертичных образований (м-б 1:1 000 000. Лист Р-(35)-37 (Петрозаводск), МПР РФ (Богданов и др., 2000). [http://geolkart.ru/images/P\(35\)37/P\(35\)37G_inf.jpg](http://geolkart.ru/images/P(35)37/P(35)37G_inf.jpg).
2. Карта четвертичных образований. Лист Р(35)37 масштаб 1:1000 000, первое издание. [http://geolkart.ru/images/P\(35\)37/P\(35\)37Q_inf.jpg](http://geolkart.ru/images/P(35)37/P(35)37Q_inf.jpg).
3. Карта некоррелированного конвективного теплового потока Северо-Запада России. Масштаб 1: 1 000 000. Листы Q37-Q38 (Архангельск). СПб НИИЦЭБ РАН. 2000.
4. Гражданкин Д. В. Хроностратиграфия верхнего венда (на примере разрезов северо-восточной окраины Восточно-Европейской платформы и западного склона Среднего Урала). Автореф. Докт. дисс. Новосибирск : ИНГ и ГИМ. А.А. Трофимука СО РАН, 2011. 33 с.
5. Куликов В.С., Куликова В.В., Зудин А.И., Икконен П.В. Зона сочленения Фенноскандинавского щита и Русской плиты – возможный коллектор месторождений полезных ископаемых // Геология и стратегические п. и. Кольского региона : тр. IX ВФ научной сессии, посвященной 60-летию ГИ КНЦ РАН. М., 2012. С. 174-178.
6. Куликов В.С., Полин А.К., Куликова В.В. Гидрографическая граница природной страны Фенноскандия и ее положение на севере России // Геология, геоэкология, эволюционная география : труды Международного семинара. Том XV / под ред. Е. М. Нестерова, В. А. Снытко, С. И. Махова. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2016. С. 386-389.
7. Куликова В.В., Куликов В.С. Главные геолого-геофизические параметры строения территории и их возможное влияние на био- и ноосферу Кенозерского национального парка // Кенозерские чтения – 2011. Человек и среда: гармония и противоречия: сборник материалов V Международной научно-практической конференции / сост. М.Н. Мелютина; отв. ред. Е.Ф. Шатковская ; ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский». Северодвинск, 2012. С. 101-107; 358-368.
8. Куликова В.В., Куликов В.С. О Кенозерской кольцевой «космической» структуре (Плесецкий и Каргопольский районы Архангельской области) // Материалы 17 международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о земле», 26-30 сентября 2016 г. Москва : ГЕОХИ РАН. 2016. с.165-169.
9. Наугольных С. Девонские палеопочвы Андомской горы ГИН РАН http://www.ginras.ru/p-science/files/naugolnyh2014_devon.pdf.
10. Чернихова Е. Я. Каргопольская Суша: Поверхность бассейна верховьев реки Онеги и ее происхождение // География России и стран ближнего зарубежья. Журнал География. Санкт-Петербург. № 22. 2008. <http://geo.1september.ru/articles/2008/22/06>.

ОРИЕНТИРОВКА ТРЕЩИН В ИЗВЕСТНЯКАХ ПОДМОСКОВЬЯ

Наравас А.К., Погребс Н.А.

gazon91@list.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В процессе проведения геологической учебной Подмосковной практики студенты знакомятся с особенностями геологического строения региона, в том числе и с трещиноватостью горных пород, проявленной в известняках каменноугольной системы. При этом ранее не обращалось внимание на природу данной трещиноватости. Она априори принималась как диагенетическая. Трещины другого происхождения не предполагались в условиях тектонически-стабильной платформы.

В последние годы перед студентами ставилась задача выделить системы трещин по их ориентировке в пространстве, что с одной стороны позволяло закрепить навыки в работе с горным компасом, а с другой приобщить студентов к самостоятельной научной работе, привитию первоначальных навыков сбора геологической информации и её последующей обработки. Во время камеральных работ студенческие бригады строили круговые диаграммы трещиноватости с применением сетки Вальтера-Шмидта. Сопоставление между собой диаграмм, построенных студентами в разные годы, показало, что на них выделяются отдельные системы трещин, различающиеся ориентировкой в пространстве, что может быть связано с разным их генезисом.

В качестве эталонных отложений для исследований трещиноватости были взяты известняки мячковского горизонта московского яруса среднего карбона, в силу того, что они имеют широкое распространение в Подмосковье, в них хорошо фиксируются плоскости трещин и определяется их морфология. На первом этапе были проведены массовые замеры трещин в известняках в Домодедовском карьере. Несколько бригад делали замеры в известняках, прилегающих к кровле горизонта, другая часть – в породах, прилегающих к подошве. На всех диаграммах, независимо от стратиграфической приуроченности объектов изучения, проявились три группы трещин.

Первая система трещин характеризуется пологими углами падения (от 0° до 25°), преимущественно юго-западным и северо-восточным направлением падения. Образование данных трещин, по всей вероятности, связано с проведением взрывных работ при отработке карьера, в связи с субгоризонтальным распространением взрывной волны.

Вторая группа трещин характеризуется крутыми углами падения (от 70° до 90°), восточной и северо-восточной ориентировкой. Судя по их неровным плоскостям отрыва и ограниченностью границами отдельных слоёв известняков, они возникли в период диагенетических преобразований карбонатных илов.

Третья система трещин также крутопадающая (углы падения от 50° до 80°). В подошве мячковского горизонта она ориентирована в юго-восточном направлении, а в кровле в юго-западном. Эти трещины уже пересекают наложения известняка и скорее связаны с взрывными трещинами бортового отпора, что требует дополнительной проверки.

В целом работа по изучению студентами трещиноватости во время практики оказалась целесообразной как с учебной, так и с научной стороны.

Литература

1. Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование. М. : Недра, 1973, 432 с.

СТРАТИГРАФИЯ ПАЛЕОЗОЙСКИХ И МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ И ЮЖНОЙ ИРАКСКОЙ ПУСТЫНИ

Аль-Гурейри А.Я.

ahmad.yasien@mail.ru, ¹Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия; ²Аль-Кадисия университет, Ирак (University of Al-Qadisiyah, Iraq)

Иракская пустыня занимает более 50% территории Ирака. Ее слагают различные типы осадочных пород, магматические образования здесь отсутствуют. Пустыня разделяется на две части – Западную и Южную.

В целом полный разрез стратиграфических подразделений, слагающих регион, может быть изучен только на севере Западной Пустыни. Разрез состоит из 15 свит, от нижнего карбона до Верхнего мела. Далее будет приведена характеристика этих свит.

Палеозойский структурно-вещественный комплекс (герцинский) слагают породы от верхнего отдела каменноугольной системы до нижней перми. Данный комплекс носит название формация Гаара, и была описана Будаем, согласно ему накопление данной формации происходило в нижнекаменноугольный – верхнепермский аккумулятивный цикл. Это наиболее древняя геологическая формация, обнажающаяся на изучаемой территории. Она вскрывается на территории Западной пустыни, в восьмидесяти километрах к северу от города Рутба.

В стратотипическом обнажении герцинская формация преимущественно сложена красноцветными и пестроцветными песками, глинистыми сланцами и аргиллитами, эти породы переслаиваются между собой как по латерали, так и по вертикали. Обнаженная в Западной пустыни часть формации Гаара представлена кварцевыми песками и каолиновыми глинами. Верхи разреза преимущественно сложены глинами с линзовидными прослоями песков, низы толщи представлены песками Таблица (1). Общая мощность формации достоверно не известна, видимая мощность составляет 140 м. Наиболее значимые фаунистические находки, характеризующие возраст этой формации: *Annularia sphenophylloides* (ZENK), *Lobatannularia beianesis* (KODAIRA), *Pecopteris sp.*, *Pecopteris units* BRONG. *Trisporia*, *Thymospora*, *Bunctatosporites*, *Cadiosporia*, *Schopfites* [1].

Мезозойский структурно-вещественный комплекс (245-65 млн лет). Раскрытие неотетического океанического бассейна произошло в поздней перми, когда один, или несколько узких блоков континентальной коры откололись от северо-восточной части Гондваны. Верхнепермско-триасовая формация накапливалась на северной и южной пассивной окраине Аравийской плиты. На подстилающих породах формация залегает с региональным стратиграфическим несогласием и следами перерыва осадконакопления.

Мезозойские отложения данной территории распространены только в центральной части Западной Иракской пустыни. Их распространение в центральной части и отсутствие в прилегающих территориях связано со взбросом Ртумба и Гаарской депрессией. Формация представлена всеми системами мезозоя: триасовой, юрской и меловой. Разрез мезозойских отложений начинается с 150-метровой толщи верхнетриасовых отложений (карнийский-рэтский ярусы), которые представлены очень мелководными карбонатными накоплениями, отмечающими первую морскую трансгрессию, наступившую после длительного периода интенсивной эрозии. Триасовые накопления представлены формациями Маллуса и Зор хоран, которые состоят преимущественно из известняка, доломита, желтого мрамора, желтых и зеленых гипсоносных мергелей и сланцев, переслаивающихся с желтыми глинистыми известняками, доломитами, доломитизированными известняками, глинистыми песчаниками, песчанистыми алевритами, желтыми известковистыми аргиллитами, глинистыми известняками, алевритами, сменяющимися известняками, богатыми окаменелостями глинистыми известняками. Мощность достигает 3 – 160, 20 – 150 м метров, для каждой формации соответственно. Триасовые отложения богаты фаунистическими находками, такими как *Glomospirella sp.*, *Ammodiscas sp.*, *Ophamidium sp.*, *Fronicularia cf. wrodwsarda* HOWCH, *Milioporella sp.*, *Involutinal cf. Communis* KRISTAN [2].

Отложения юрской системы также развиты лишь в центральной части Западной иракской пустыни, что связано с взбросом Ртумба. Они представлены 5 формациями, средняя мощность лейасовых отложений (нижнеюрских) составляет 66–450 м. Отложения, слагающие разрез, меняются от низов к верхам, и представлены песчаниками, с прослоями мергеля или бурой руды, или линзами аргиллита, цвет пород преимущественно желтый, коричневый или красный, некоторые линзы кварцевого песчаника также включают железистые накопления. Также встречаются суглинки, глинистые алевролиты, аргиллиты, пестроцветные обломочные породы, доломиты, доломитизированные известняки и известняки. Юрские отложения также богаты фауной: *Achaediscus* sp., *Prohlematina* sp., ostracods and pelecypods; plant genus *Cycus*; *Hydrobia* sp., small gastropods, little pelecypods, ostracods; *Grammatadone* sp., *Oxytoma* sp., *Pinna* sp., *Corbulomya* sp. Среднеюрские отложения представлены батским ярусом, выделенная формация имеет местное название – формация Мухайвер, ее мощность составляет от 5 до 94 метров. Она состоит из известняка, песчаника, глинистого известняка, желтого мергеля, красного песчаника с железистым цементом, желтого и розового известняка и розовато-желтого глинистого известняка. Верхнеюрские отложения представлены формацией Наджда, которая была обнаружена в течение региональных геологических исследований, и описана во время детальных исследований. Мощность формации составляет от 7 до 403 метров. Отложения представлены желтыми песчаниками, сменяющимися желтыми мергелями, коричневыми известняками, глинистыми известняками и желтовато-розовыми известняками и доломитизированными известняками [3].

Меловые накопления в описываемом регионе начинаются с альбских отложений. Низы разреза представлены двумя формациями (Нахар Умар и Мавдуд). Мощность альбских отложений составляет примерно 7 – 193 метра. Разрез сложен белыми, желтыми, зеленовато-серыми, розовыми и коричневыми песчаниками, песчанистыми аргиллитами, серыми известняками, глинистыми известняками, желтыми мергелями и песчанистым доломитом, желтого и красного цвета.

Верхнемеловые отложения разделены на пять литологических формаций (Рутба, Масаад, Харита, Таярат and Дигма), представленными отложениями сеномана, сеномантурона и маастрихта. Они распространены значительно шире, чем предыдущие мезозойские отложения. Эти породы распространены к востоку, югу и западу от города Ртуба и простираются до границы Ирака и Саудовской Аравии, занимая огромные территории Западной Иракской пустыни. Мощности выделенных формаций составляют 4-54; 3-65; 37-437; 10-190; 12-40 метров [1].

Верхнемеловые отложения представлены песчаниками, конгломератами, песчаниками с железистым цементом, желистыми накоплениями, аргиллитами, алевролитами, мергелями, песчанистыми доломитами, гравийными песчаниками, желтыми мергелями с примесью окислов железа, доломитом с кремнёвыми конкрециями.

Литература

1. Sissakian, Varoujan. K., and Mohammed, Buthaina S., 2007. Geology of Iraqi Southern Desert, Iraqi Bull. Geol. Min. Special Issue, p. 55-82.
2. Buday, T., 1980. The Regional Geology of Iraq, Vol. I, Stratigraphy and Paleogeography. Kassab, I., and Jassim, S.Z. (Eds.). GEOSURV, Baghdad,. P. 28-145.
3. Jassim, Z. and Buday, T., 2006, Palaeozoic Megasequences (API-APS), in Jassim, S.Z. and Goff, J., 2006. Geology of Iraq. Dolin, Prague, p. 102-204.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТА КОЛМОГорова-СМИРнова (K-S TEST) ПРИ АНАЛИЗЕ ВОЗРАСТОВ ОБЛОМОЧНЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ МЕТАОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ПЕЧЕНГА-ИМАНДРА-ВАРЗУГСКОЙ СТРУКТУРЫ И ВЕТРЕННОГО ПОЯСА

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

Mezhelsofya@gmail.com, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Целью настоящего исследования является сравнительный анализ возрастов обломочных цирконов из осадочных образований Печенга-Имандра-Варзугского пояса и кварцитов Ветреного пояса для установления черт сходства и различий между указанными структурами раннего палеопротерозоя Фенноскандинавского щита.

Печенга-Имандра-Варзугскому поясу посвящено большое число публикаций, где достаточно хорошо освещены как его строение, так и тектоническое положение (Минц М.В., Мележик В.А., Смолькин В.Ф. и др.). Ветренный Пояс изучен значительно в меньшей степени в силу плохой обнаженности и труднодоступности. В последние годы авторами проведена большая работа по изучению геологического строения Ветреного пояса и условий его формирования. Были получены новые данные по геохимии и геохронологии для метаосадочных толщ токшинской и калгачинской свит. Это дало возможность провести полноценный сравнительный анализ метаосадочных образований из обеих структур на основе геохронологических данных.

Печенга-Имандра-Варзугская структура делится на три сектора разрозненных по времени образования и отличающихся геологическим строением. Так в разрезе Варзугского сектора выделяются следующие свиты: полисарская – осадочно-вулканогенная с конгломератами в основании, чередование терригенных пород с туфовой составляющей, потоки пикритов и дацитовых метапорфиритов; умбинская – в основании конгломераты, далее доломиты, сланцы по карбонатам, яшмовые кварциты, базальтовые метапорфириты; ильмозерская свита – метатуфогенные образования в основании, метаалевролиты, кварциты, прослой карбонатных пород, глинистые сланцы, чередование черных сланцев с метаандезит-базальтами. Возраст предварительно установлен по туфам из полисарской свиты и составляет U-Pb – 2434±1,2 млн лет [2].

В Имандровском секторе разрез начинается с пурначской свиты – амфиболиты, метаосадочные породы; далее следует кукшинская свита – биотит-полевошпатовые сланцы, граувакки, полимиктовые конгломераты, акркозовые метапесчаники; сейдореченская свита – серицитовые сланцы, аркозовые и граувакковые кварциты, метапикрит-базальты, метандезит-базальты, матадациты. Возраст был установлен по дацитам и составил U-Pb – 2448±8 млн лет [1].

В Печенгском секторе (северная зона), как наиболее изученном выделено 4 толщи имеющие двучленное строение: 1) телевинская осадочная, маярвинская вулканогенная, 2) куренеринийокская осадочная, пирттиярвинская и оршоайвинская вулканогенные, 3) лучломпольская туфогенно-осадочная, заполярнинская вулканогенная, 4) ждановская и ламмасская туфогенно-осадочные, матертская и суппваарская вулканогенные. Геологические комплексы Печенги относятся к пяти надгоризонтам: сариолий (первая толща), нижний и верхний ятулий (вторая толща), людиковый (3 толща) и калевий (4 толща).

Структура Ветренный пояс расположена в юго-восточной части Фенноскандинавского щита и является пограничной между Беломорским подвижным поясом и Карельским кратоном. В составе пояса выделяется 6 свит (снизу вверх): токшинская – аркозовые кварциты; киричская – базальты, андезибазальты и туфы; калгачинская – конгломераты с галькой гранитов; коожозерская – чередование песчаников, аргиллитов, доломитов; виленгская – глинистые и кремнистые сланцы; ветреного пояса- коматиитовые базальты и их туфы. Возраст Ветреного пояса всегда являлся предметом дискуссий. По последним данным он составляет Re-Os – по коматиитовым базальтам 2407±6 млн лет [5]; по нашим данным U-Pb –

по коматиитовым базальтам 2405 ± 5 млн лет; U-Pb – по комагматичным габбро-норитам 2415 ± 11 млн лет.

Распределения возрастов детритовых цирконов из различных осадочных свит Печенга-Иамндра-Варзугской структуры и токшинской свиты Ветреного пояса сравнивались между собой с использованием диаграмм плотности вероятности, а также теста Колмогорова–Смирнова [4]. Для статистического сравнения строились кривые интегральной вероятности распределения возрастов, кумулятивные кривые, затем применялся непараметрический тест Колмогорова–Смирнова [4]. Этот тест (P(KS)) позволяет выяснить, являются ли две независимые выборки наблюдений таковыми из одного и того же распределения. Суть метода заключается в оценке различий между двумя интегральными функциями распределения вероятности. Если вероятность низкая ($P(KS) < 0.05$), то различия между двумя распределениями значительны и образцы по возрастам обломочных цирконов не идентичны. Если вероятность высокая ($P(KS) \gg 0.05$), то распределения возрастов цирконов в образцах идентичны и отличаются только случайными вариациями. Для проведения сравнительного анализа использовались опубликованные данные [3] и собственные.

Высокое сходство возрастов обломочных цирконов было установлено в формации Неверскрукк между песчаниками и конгломератами, являющимися базальным горизонтом серии ахмалахти телевинской толщи Печенгской структуры. Результаты теста Колмогорова–Смирнова показали коэффициент вероятности $p=0,806$, что является достаточно высоким показателем идентичности возрастов обломочных цирконов, и может свидетельствовать о том, что у песчаников и конгломератов была единая питающая провинция.

При сравнении конгломератов Формации Неверскрукк с кварцитами сейдореченской свиты Имандровской структуры, была установлена вероятность, едва превышающая пороговые значения $p=0,056$, что в свою очередь не отвергает предположения о едином источнике сноса, но и не доказывает данное обстоятельство. Подобная картина наблюдается и при сопоставлении туфов и граувакк полисарской свиты Варзугской структуры, коэффициент вероятности по результатам теста составил $p=0,080$, что превышает пороговое значение $0,05$, но также не доказывает единство условий образования указанных отложений и одинаковый источник.

При сравнении возрастов обломочных цирконов из кварцитов токшинской свиты Ветреного пояса, с таковыми из полисарской свиты и телевинской толщи коэффициент вероятности $p=0$, и только цирконы из кварцитов сейдореченской свиты показали $p=0,01$, что указывает на отсутствие идентичности возрастов сравниваемых цирконов и свидетельствует о разных питающих провинциях для осадочных образований Ветреного пояса и Печенга-Иамндра-Варзугской структуры, несмотря на близость возрастных датировок последней.

Литература

1. Чашин В.В., Баянова Т.Б., Левкович Н.В. Вулкано-плутоническая ассоциация раннего этапа развития Иамндра-Варзугской зоны, Кольский полуостров: геологические, петрогеохимические, и изотопно-геохронологические данные // Петрология. 2008. Т. 16. № 3. С. 296-316.
2. Brasier A.T., Martin A.P., Melezhik V.A., Prave A.R., Condon D.J., Fallick A.E. Earth's earliest global glaciation? Carbonate geochemistry and geochronology of the Polisarka Sedimentary Formation, Kola Peninsula, Russia // Precambrian Research. Vol. 235, 2013, Pages 278-294.
3. Claudia Gärtner, Heinrich Bahlburg, Victor A. Melezhik, Jasper Berndt. Dating Palaeoproterozoic glacial deposits of the Fennoscandian Shield using detrital zircons from the Kola Peninsula, Russia. Precambrian Research 246 (2014) 281-295.
4. Guynn J. Comparison of detrital zircon age distributions using the K-S test // Analysis Tools. 2006. <http://www.geo.arizona.edu/alc/Analysis/Tools.htm>.
5. Puchtel I.S., Touboul M., Blichert-Toft J., Walker R.J., Brandon A.D., Nicklas R.W., Kulikov V.S., Samsonov A.V. Lithophile and siderophile element systematics of Earth's mantle at the Archean-Proterozoic boundary: Evidence from 2.4 Ga komatiites. Geochimica et Cosmochimica Acta 180 (2016) 227-255.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕТРЕНОГО И ПЕЧЕНГА-ВАРЗУГСКОГО ПОЯСОВ (БАЛТИЙСКИЙ ЩИТ)

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

Kors2012@rambler.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Сравнительный анализ Ветреного и Печенга-Варзугского поясов проводился, прежде всего, по геохимическим особенностям слагающих их вулканитов, которые наиболее информативными в геодинамическом отношении. В составе Ветреного Пояса рассматривались киричская свита и свита ветреного пояса, в составе Печенга-Варзугского пояса – сейдореченская, полисарская, умбинская и ильмозерская свиты (Имандра-Варзугская структура), маярвинская, пирттиярвинская, заполярнинская и матерская свиты (Печенгская структура).

Принимая во внимание состав киричской свиты и свиты ветреного пояса можно говорить об антидромной направленности вулканизма Ветреного Пояса. Вулканиты киричской свиты, залегающие внизу разреза, представлены андезибазальтами. Соответствующие им точки на диаграмме TAS ложатся в соответствующее поле, без существенного разброса. Выше лежащие метавулканиты свиты ветреного пояса компактно группируются в поле базальтов и андезибазальтов. Распределение содержаний SiO_2 в пробах из обеих свит близко к нормальному закону. Особенностью вулканитов Ветреного Пояса является отсутствие в их составах щелочного тренда и контрастное распределение содержаний MgO . Киричская свита отличается самым низким диапазоном распределения MgO (от 5 до 10%), в то время как для свиты ветреного пояса оно колеблется от 5 до 35%. Как для метавулканитов киричской, так и для свиты ветреного пояса характерны низкие содержания TiO_2 , не превышающие 1%. Для спектров распределения редкоземельных элементов имеют умеренный наклон. Для киричской свиты характерна европиевая аномалия, которая отсутствует в базальтах и андезибазальтах свиты ветреного пояса.

Имандра-Варзугская структура существенно отличается по геохимическим особенностям от вулканитов Ветреного Пояса. При этом сохраняется антидромный тренд вулканизма, что выражается в преобладании андезибазальтов в разрезах нижних свит структуры (сейдореченская и полисарская свиты). Разброс на диаграмме TAS точек, соответствующих пробам вулканитов, значительно более широкий (от базальтов до андезитов), что отличает их от вулканитов киричской свиты. Возможно, это связано сконтаминацией лав сейдореченской и полисарской свит коровым материалом. Отличаются вулканиты этих свит и более широким диапазоном значений оксида магния, по сравнению с киричской свитой. Вместе с тем, объединяет киричскую, полисарскую и сейдореченскую свиты низкие значения оксида титана (не более 1%) и схожие спектры распределения редкоземельных элементов. Выше лежащие вулканогенные свиты Имандра-Варзугской структуры (умбинская и ильмозерская) отличаются от свиты ветреного пояса по целому ряду геохимических характеристик. Вулканиты умбинской и ильмозерской свит характеризуются широким разбросом составов, в то время как вулканиты свиты ветреного пояса попадают в поля развития базальтов и андезибазальтов и образуют четко выраженный тренд. Кроме этого половина проб вулканитов умбинской и ильмозерской свит попадает в поле развития щелочных разностей (трахибазальтов и трахиандезибазальтов), что абсолютно не характерно для вулканитов Ветреного Пояса. Обе свиты отличаются повышенными содержаниями оксида титана (от 1% до 2.5% – умбинская свита и от 0% до 3.5% – ильмозерская свита), распределение в метавулканитах таких оксидов как SiO_2 , TiO_2 , MgO носит бимодальный характер, что указывает либо на контаминацию исходных магм коровым веществом, либо на функционирование нескольких магматических камер. Отличаются вулканиты указанных свит Имандро-Варзугской структуры более высокими содержаниями редкоземельных элементов, особенно обогащение касается легких редкоземельных элементов.

Прослеживается антидромный тренд в вулканизме и наиболее удаленной от Ветреного Пояса Печенгской структуре. Он выражается в том, что вулканиды нижней (маярвинской) свиты относятся преимущественно к андезибазальтам и андезитам, а вышележащие (заполярнинская и матертская свиты) тяготеют к базальтам. Как и в Имандра-Варзугской структуре вулканиды низов разреза (маярвинская свита) представлены породами нормального ряда, тогда, как вышележащие покровы (пирттиярвинская свита) тяготеют к щелочным разностям. Это общая тенденция для Печенга-Варзугского пояса. В целом, для нижних свит печенгской структуры как и для низов соседней структуры характерны низкие содержания TiO_2 , (не более 1.0%), MgO (до 15%), наличие отрицательной Eu аномалии в спектре распределения редкоземельных элементов.

Для завершающих стадий вулканизма Печенгской структуры (заполярнинская и матертская свиты) характерен основной состав лав (преимущественно базальты нормального ряда), отличающихся повышенной магнезиальностью (MgO до 20-25%) и высокими содержаниями TiO_2 (до 3- 4%). Часто бимодальное распределение содержаний SiO_2 , TiO_2 , MgO может указывать на контаминацию лав коровым материалом или наличием двух и более магматических резервуаров, действовавших одновременно. Спектры распределения редкоземельных элементов вулканидов заполярнинской свиты представляют собой практически горизонтальные линии.

Таким образом, анализ геохимических особенностей метавулканидов Ветреного и Печенга-Варзугского поясов показывает, что они имеют как черты сходства, так существенные отличия. Объединяет их антидромный характер вулканизма, а наиболее существенные различия связаны со щелочностью, магнезиальностью, титанистостью метавулканидов, закономерностями распределения в них пороодообразующих оксидов.

Проведенные в ограниченном объеме геолого-структурные исследования в пределах Ветреного и Печенга-Варзугского поясов [2] позволили выделить в его пределах системы пологопадающих разломов и зон расщепления, которые, в основном, не согласуются с аналогичными структурами Ветреного Пояса (аз. пад. 60-70, <40-50; аз. пад. 300-320, <40-50; пад. 230-240, <40). Так, в ближайшей к Ветреному Поясу Имандра-Варзугской структуре отсутствуют системы пологих разрывов с ориентировкой, типичной для Ветреного Пояса. В ее пределах широкое развитие получили пологие разрывы с ориентировками: аз. пад. 0-20, < 40-50; аз. пад. 110-130, < 30; аз. пад. 200-220, < 40-50. Не проявлены типичные для Ветреного Пояса разрывы и в пределах Печенгской структур. Для нее характерны пологие дизъюнктивы с ориентировкой: аз. пад. 80-110, <30-40; аз. пад. 160-170, < 20-50;

Сравнение возрастов обломочных цирконов из терригенных свит, залегающих в основании Ветреного Пояса (кварциты токшинской свиты) и Печенга-Варзугского пояса (сейдореченская и полисарская свиты) указали на отсутствие идентичности возрастов сравниваемых цирконов и свидетельствуют о разных питающих провинциях для осадочных образований Ветреного и Печенга-Варзугского поясов, несмотря на близость возрастных датировок выделенных из них цирконов [1].

Литература

1. Межеловская С.В., Корсаков А.К., Межеловский А.Д., Бибикина Е.В. Временной диапазон формирования осадочно-вулканогенного комплекса Ветреного Пояса // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2016. № 2. С. 1-14.
2. Межеловская С.В., Корсаков А.К., Межеловский А.Д., Наравас А.К. Главные системы разрывных нарушений Ветреного Пояса: последовательность и условия их формирования // Известия вузов, Геология и разведка, 2015. № 3. С. 8-15.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb ИЗОТОПНОГО ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ КАЛГАЧИНСКОЙ СВИТЫ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА (БАЛТИЙСКИЙ ЩИТ)

Корсаков А.К., Межеловская С.В., Межеловский А.Д., Иванова Н.Д.
kors2012@rambler.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В практику геологических исследований в последнее десятилетие широко вошло изотопное датирование детритовых цирконов. Исследование их уран-свинцовых изотопных систем дает возможность определить источники сноса обломочного материала, установить нижние возрастные рубежи его накопления. Изучение детритовых цирконов было начато авторами в 2013 году в осадочно-вулканогенном комплексе Ветреного Пояса. В разрезе последнего чередуются метатерригенные образования (токшинская, калгачинская, кожозерская, виленгская свиты) и метавулканические покровы (киричская свита и свита ветреного пояса). На первом этапе исследований были выделены детритовые цирконы из кварцитов токшинской свиты, которая залегает в основании разреза Ветреного Пояса [1]. Анализ U-Pb изотопных систем цирконов позволил установить, что Ветренный Пояс сформировался в интервале 2.6-2.4 млрд лет. Источником обломочного материала для формирования токшинской свиты послужила Карельская гранит-зеленокаменная область. Пиковые значения возрастов детритовых цирконов соответствуют основным тектономагматическим циклам лопия Карелии. Литологический состав и текстурно-структурные особенности токшинской свиты, а также возрастной диапазон детритовых цирконов из кварцитов этой свиты дают основание считать, что она формировалась в условиях рифтогенеза в пределах Карельского блока.

Достаточно интересные выводы, сделанные по результатам изучения детритовых цирконов токшинской свиты, о возрастном диапазоне формирования Ветреного Пояса и условиях его заложения подтолкнули авторов к дальнейшему изучению детритовых цирконов, но уже не токшинской, а калгачинской свиты, расположенной в средней части разреза осадочно-вулканогенного комплекса. Метатерригенные отложения калгачинской свиты залегают навулканогенной киричской свите, которая подстилается вышеупомянутой токшинской свитой. Ставя задачу изучения детритовых цирконов калагинской свиты, авторы преследовали несколько целей. Во первых, сравнение спектров распределения возрастов детритовых цирконов терригенных свит (токшинской и калгачинской), имеющих разное положение в разрезе позволило бы подтвердить или оставить открытым вопрос о стратиграфической последовательности указанных свит. Дело в том, что в последние годы ставится под сомнение стратиграфическая последовательность свит. Допускается, что в основании Ветреного Пояса залегает не токшинская свита, а калгачинская. Выявление в составе калгачинской свиты популяции цирконов с возрастными моложе 2,6 млрд лет свидетельствовало бы об ошибочности этой точки зрения. Во вторых, авторы надеялись «поймать» в составе калгачинской свиты цирконы, образовавшиеся при разрушении нижележащих вулканитов киричской свиты. U-Pb характеристики таких цирконов указали бы и возраст метавулканитов киричской свиты, о котором в настоящий момент судят по Sm-Nd отношениям. В третьих, сравнительный анализ детритовых цирконов токшинской и калгачинской свит ответил бы на вопрос как менялись во времени источники сноса обломочного материала при формировании разных частей разреза Ветреного Пояса в палеопротерозе.

Галечные конгломераты изучались авторами на территории Водлозерского национального парка в двух обнажениях, расположенных на удалении 100 метров друг от друга. Координаты первого обнажения: N = 63°11'05,7", E = 036°37'10,3"; второго – N = 63°11'07,7", E = 036°37'11,6". Обломки конгломератов представлены в основном галькой гранитного, реже кварцевого составов. По разрезу обнажений (в интервале одного метра) наблюдается резкая смена размера и формы галек. Внизу галька небольшого размера (2-3 см), уплощенная

(отношение длины к толщине составляет от 2 до 5), вверх по разрезу ее размер увеличивается (до 7-10 см), форма приближается к сферической (отношение длины к толщине от 1,5 до 2). В конгломератах наблюдается полосчатость с ориентировкой аз. пад. 10-30°, <10-20°. Отмеченные закономерности скорее всего свидетельствуют о достаточно быстрой смене режима осадконакопления, что связано с резким обмелением морского бассейна.

Из первого обнажения была отобрана проба, из которой впоследствии были выделены детритовые цирконы, отдельно из гальки гранитного состава и цемента метаконгломератов. В институте геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского (ГЕОХИ РАН) было проведено U-Pb изотопное датирование 122 детритовых цирконов. При измерениях использовалась система лазерной абляции (аналитик Аносова М.О.). При анализе результатов из рассмотрения были исключены 7 зерен циркона, так как по ним получены дискордантные значения возрастов (коэффициент дискордантности превысил 4%). Таким образом, анализировались данные, полученные по 115 зернам циркона, выделенным из проб: PV-10_1, PV-10_5. Цирконы различаются по морфологии и внутреннему строению.

Анализ общего спектра возрастов детритовых цирконов калгачинской свиты показал, что в пробах отсутствуют цирконы с возрастными моложе 2810 млн лет и древнее 2990 млн лет. Таким образом, возрастной спектр цирконов калгачинской свиты значительно уже, аналогичного спектра для токшинской свиты (от 2654 млн лет до 3364 млн лет). Отсюда следует несколько выводов. Во первых нам не удалось найти детритовые цирконы, выделенные природой из киричской свиты и переотложенные в вышележащей калгачинской свите и тем самым не представилось возможным косвенно подтвердить возраст киричской свиты. Остался открытым вопрос и о стратиграфической последовательности, по крайней мере, нижней части разреза осадочно-вулканогенного комплекса Ветреного Пояса. Отсутствие древних цирконов (впрочем, как и более молодых) в отличие от детритовых цирконов токшинской свиты свидетельствует о том, что поменялся источник сноса обломочного материала при формировании калгачинской свиты. По всей видимости, прекратилась доставка материала с Водлозерского блока. Это, скорее всего, связано с сокращением площади, с которой обломочный материал поставлялся для образования калгачинской свиты. Судя по размеру обломочного материала, отложения формировались на границе литоральной и сублиторальной зоны и обломочный материал имел местное происхождение. Выделенные из общей массы конгломератов детритовые цирконы, укладываемые в возрастной интервал 2810 – 2910 млн лет, имеют несколько возрастных пиков: 2850 млн лет, 2870 млн лет, 2910 млн лет. Общий пик распределения соответствует 2860 млн лет. Несколько иная картина распределения по возрастам цирконов, выделенных из гальки гранитного состава. Общий пик распределения соответствует 2870 млн лет. При этом выделяются отдельные максимумы: 2860 млн лет, 2890 млн лет, 2910 млн лет, 2940 млн лет. Следует также отметить, что в гальке содержатся цирконы с возрастом 2990 млн лет. Сравнительная характеристика детритовых цирконов, выделенных из породы в целом и из гальки конгломератов, показывает, что в гранитах гальки присутствуют более древние цирконы, возможно захваченные магматическим расплавом из пород водлозерского блока.

Литература

1. Межеловская С.В., Корсаков А.К., Межеловский А.Д., Бибилова Е.В. Временной диапазон формирования осадочно-вулканогенного комплекса Ветреного Пояса // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2016, №2, с. 1-14.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В РАЗВИТИИ НАДВИГОВОЙ СТРУКТУРЫ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА (ЮГО – ВОСТОК ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА)

Васильев Н.Ю., Межеловская С.В., Корсаков А.К., Межеловский А.Д.
kors2012@ Rambler.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Ветренный Пояс, расположен на юго-востоке Фенноскандинавского щита и представляет собой осадочно-вулканогенную (зеленокаменную) структуру палеопротерозойского возраста. Интерес к нему во многом обусловлен преобладанием в разрезе слабо метаморфизованных лав ультраосновного-основного состава, сохранивших первичные структурно-текстурные особенности, что позволяет судить о геодинамических обстановках формирования структуры в целом. В последнее время возобновились дискуссии о возрасте слагающих Ветренный Пояс осадочно-вулканогенных образований. Уделяя основное внимание петролого-геохимическим и изотопным характеристикам метавулканитов, исследователи оставляли без внимания геолого-структурные особенности данной структуры и, в частности, разрывную тектонику, без которой невозможны полноценные геодинамические реконструкции. Настоящий доклад призван частично устранить данную «несправедливость».

Проведенные авторами в течение последних лет исследования Ветренного Пояса на нескольких участках (г. Голец, г. Шапочка, г. Большая Левгора, г. Мяндуха, г. Двойная, р. Кирич) позволили установить в его пределах несколько разновозрастных и разноранговых систем разрывных нарушений.

Наиболее ранние разрывные нарушения (до метаморфические) имеют северо-западное простирание характеризуются следующими с элементами залегания – азимут падения 60-70°, угол падения 40-50°. Они представлены зонами расланцевания и бластомилонитизации. Типичным представителем данной системы нарушений является Киричская зона разломов, проявленная в метавулканитах одноименной свиты. Геоморфологически зона выражена долиной ручья Кирич, которая имеет простирание 330°.

К разломам второй возрастной группы следует отнести разломы северо-восточной ориентировки со следующими элементами залегания: азимут падения 300-320°, угол падения 40-50°. Они, как и разломы первой возрастной группы, представлены зонами расланцевания, но без бластомилонитов. Эта система нарушений хорошо выражена в метаосадочных породах токшинской свиты, которая начинает разрез Ветренного Пояса. По этой причине она названа в статье Токшинской зоной разломов. Подробно токшинская свита изучена на участке горы Двойная. Разломы представлены участками расланцевания с ориентировками: азимуты падения от 330 до 330° и углами падения от 10 до 30°. На тектоническую природу расланцованности указывает, прежде всего, невыдержанная мощность отдельных полосок кварцитов, пересечение ограничивающих их поверхностей, наличие линз массивных кварцитов, которые облекаются тонкополосчатыми разностями, отмечается мелкая складчатость.

Третья возрастная группа нарушений имеет следующую ориентировку: азимут падения 230-240°, угол падения 40°. Эти нарушения отличаются от первых двух групп не только ориентировкой, но и характером деформаций. Движения по данным нарушениям не сопровождается тонким расланцеванием пород, пластическими деформациями. Для этого типа нарушений характерны хрупкие деформации, которые приводят к дроблению пород на обломки разного размера. По кинематическому типу это, скорее всего, надвиги, так как среди обломков пород встречаются будинированные и развальцованные разности размером от нескольких сантиметров до 20-30 сантиметров. Таким образом, это более поздние нарушения, они возникли после этапа метаморфизма, когда породы были «холодными» и хрупкими. Нарушения данной группы можно наблюдать на юго-востоке структуры, в частности, в карьере на горе Мяндуха, в Булатовском карьере строительных материалов (Архангельская область, окрестности г. Плесеца).

Согласно последним исследованиям (Колодяжный, 2012) развитие тектонической структуры Ветреного Пояса генетически связано с явлениями латерального течения горных пород, установленными в северо-восточной части Восточно-Европейской платформы. При этом подчеркивается, что в конце палеопротерозоя в результате встречных перемещений «кристаллических масс» Водлозерского массива и Беломорско-Лапландского пояса, расположенные между ними, горные породы Ветреного пояса испытали тектоническое сжатие и выжимание в юго-восточном направлении.

Для обоснования кинематического типа выделенных пологопадающих разломов был проведен анализ элементов залегания в зонах влияния указанных разломов. В тектонофизических реконструкциях использовано 120 измерений элементов залегания трещин. Работа выполнена в соответствии с методиками М.В. Гзовского (1954) и П.Н. Николаева (1992). Суть методик заключается в процедурах выделения параметров тектонического поля напряжений ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \tau_m^{\text{лев.}}, \tau_m^{\text{прав.}}$) по особенностям соотношений между ориентациями статистических максимумов трещин на стереографических диаграммах (Вульфа, Шмидта). Собственно, указанными параметрами определяются условия деформации горных пород, проходившей на этапах геолого-структурного развития земной коры.

На сводной диаграмме трещиноватости отчетливо выделяются пять систем трещин. Это, – одна пара сопряженных сколовых трещин СВ и ЮЗ падения. Вторая пара сопряженных сколовых трещин характеризуется З-СЗ и В-ЮВ падениями. Наконец, пятая система образована отрывными трещинами субгоризонтальной ориентации. В соответствии с положениями указанных методик, на дугах большого круга сетки Вульфа находят ориентацию названных параметров. По биссектрисе острого угла между сопряженными максимумами находят ориентацию оси (σ_3). По биссектрисе тупого угла между этими максимумами, – ориентацию оси (σ_1). Ориентацию оси (σ_2) находят, как нормаль к плоскости, соединяющей оси (σ_1 и σ_3). Оси максимальных касательных напряжений ($\tau_m^{\text{лев.}}$ и $\tau_m^{\text{прав.}}$) находят на дуге большого круга, проведенной через оси (σ_1 и σ_3). Они, – оси касательных напряжений ($\tau_m^{\text{лев.}}$ и $\tau_m^{\text{прав.}}$) располагаются на этой дуге в 45° от осей (σ_1 и σ_3).

Таким образом, было установлено, что геолого-структурное развитие массива горных пород Ветреного пояса определялось взбросовыми механизмами их тектонического нагружения. На раннем этапе тектогенеза происходило развитие продольной системы СЗ ориентировки, на позднем – поперечных субмеридианальных и С-СВ разломов. Именно с действием взбросовых механизмов тектонического нагружения горных пород Ветреного пояса генетически связано формирование его надвиговой структуры, в том числе Киричской, Токшинской и Булатовской зон разломов (Bogdanova and all, 1996).

Литература

1. Колодяжный С.Ю., Структуры латерального течения северо-восточной части Восточно-Европейской платформы // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы, отд. геол. 2012., Т. 87, вып. 1, с. 15-23.
2. Гзовский М.В. Тектонические поля напряжений. Изв. АН СССР, сер. геоф., №5, 1954, с. 390-410
3. Николаев П.Н. Методика тектоно-динамического анализа. М., Недра, 1992, С. 295.
4. Bogdanova S.V., Pashkevich I.K., Gorbachev R., Orlyuk M.I. Riphean rifting and major Paleoproterozoic crustal boundaries in basement of East European Craton: geology and geophysics // Tectonophysics. 1996. Vol. 268. P. 1-21

ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКАЯ ЗОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПО ИЗВЕСТКОВЫМ ДИНОЦИСТАМ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В БОРЕАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

Вишневская В.С.

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

В настоящее время по известковым диноцистам для Тетиса (Балканы, Карпаты, Иберийские горы, Индийский океан) разработана зональная схема (Reháková, 2000; Michalík, Reháková, 2011), которая охватывает возрастной диапазон от оксфорда до альба, включая 21 зону, и широко используется как при стратиграфическом расчленении геологических разрезов, так и для их корреляции. Позднемезозойская зональная схема по известковым диноцистам скоррелирована со шкалой по аммонитам и кальпионеллам (Lakovaetal., 1997; 1999; Michalíketal., 2009; Michalík, Reháková, 2011). Так, первое появление зонального вида *Stomiosphaerina proxima* совпадает с появлением *Calpionella*, в том числе с первым появлением зонального вида *S. alpina*, по которому предлагается проводить границу юры и мела.

Ранее известковые диноцисты на территории России никем не отмечались и не описывались. В литературе приводились только изображения проблематик в шлифах из срезов верхнемеловых пород Крыма, Кавказа, Копетдага и Волыно-Подоллии с максимальным увеличением до 200 раз, которые условно относили то к фораминиферам, то к кальцисферам (Андрющенко, Долицкая, 1975; Долицкая, 1977), группе неясного систематического положения. Поскольку эти микропроблематики имеют большое значение в нефтяной геологии, где используются для установления нефтематеринских фаций (кальцисферовые, питонелловые, олигостегиновые фации), определения возраста слоев, установления зон, то первоочередной задачей является установление их присутствия в разрезах России, а затем определения их систематического положения и таксономического состава.

Исследования последних лет показали, что в Бореальной области в большинстве разрезов баженовской свиты представлен широкий спектр известковых диноцист, которые ранее многократно отмечались как «кальцисфериды» или «кальцисферулиды» (Вишневская, 2013; Панченко и др., 2015).

Известковые диноцисты (calcareousdinoflagellatecysts) широко распространены в биогоризонте *Parvicingulakhabakovi* баженовской свиты, где они встречаются совместно с *Williriedellum*, Echinocampidae, а также нанопланктоном. Многочисленные представители рода *Pithonella* отмечены в горючих сланцах поздневожского подъяруса и кремнистых известняках берриасского яруса севера Западной Сибири. *Pithonella* cf. *ovalis* (Kaufmann) и *Stomiosphaerina proxima* Rehánek были обнаружены в биогоризонте *Parvicingulakhabakovi* баженовской свиты Широкого Приобья (Вишневская, 2017). Анализ верхнеюрско-нижнемеловых разрезов Карпат (на примере разреза Страпково, Michalíketal., 2016) показал, что там позднеюрские известняки с Parvicingulidae постепенно вверх по разрезу замещаются питонелловыми известняками с Williriedellidae (Vishnevskaya, 2016), как это отмечено в разрезах Западной Сибири (Vishnevskaya, Kozlova, 2012).

По материалам глубоководного бурения известковые диноцисты описаны монографически как из юры – нижнего мела (Bolli, 1974), так и из верхнего мела (Futterer, 1984). Использование известковых диноцист в целях стратиграфии имеет огромный потенциал. Например, находка известковых диноцист *Pithonella globosa* Futterer в верхах опорного разреза Нижняя Банновка в Поволжье, имеющих распространение средний маастрихт – нижний даний (Вишневская, 2016), и *Asterosphaerella alveolata* Villain (верхний маастрихт), позволила не только датировать отложения слоя с диноцистами не древнее среднего маастрихта, но и указала на относительно теплый эпизод во время накопления опоковидных глин.

Исследование было выполнено в рамках госзадания ГИН РАН №116032510034, частично поддержано РФФИ, проект № 15-05-04700 и Программой Президиума Российской академии наук «Происхождение и Развитие Биосферы».

Литература

Андрющенко А.И., Долицкая И.В. Распространение *Calcisphaerulidae* (Problematica) в верхнемеловых отложениях северной части Горного Дагестана. Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1975. Т. 50. В. 5. С. 105–117.

Вишневская В.С. Биостратиграфия и палеогеография баженовской свиты по данным радиоляриевого анализа. Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Тюмень, 2013. С. 34-37.

Вишневская В. С. Находка известковых диноцист в верхнем мелу Поволжья. Доклады академии наук, 2016, том 466, № 3, с. 366–369.

Вишневская В. С. Радиолярии и известковые диноцисты как вторичные маркеры на границе юры и мела в бореальной области. ПАЛЕОСТРАТ-2017. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. Москва, 28 января – 1 февраля 2017 г. Алексеев А.С. (ред.). М. : Палеонтологический ин-т им. А.А. Борисяка РАН, 2017, С. 18-19.

Долицкая И. В. О возможности использования *Calcisphaerulidae* в стратиграфических целях. — *Вопр. микропалеонтол.*, 1977, вып. 19, с. 115—123.

Панченко И.В., Балущкина Н.С., Барабошкин Е.Ю., Вишневская В.С., Калмыков Г.А., Шурекова О.В. Комплексы палеобиоты в абалакско-баженовских отложениях центральной части Западной Сибири. Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2015. Т.10. №2. doi.org/10.17353/2070-5379/24_2015.

Bolli H.M. Jurassic and Cretaceous *Calcisphaerulidae* from DSDP Leg 27, eastern Indian Ocean. *Init. Repts. Deep Sea Drilling Project.*, 27. U.S. Govt. Print Office, Washington, 1974, p. 843-907.

Futterer D.K. Pithonelloid calcareous dinoflagellates from the Upper Cretaceous and Cenozoic of the southeastern Atlantic Ocean, DSDP Leg 74. *Init. Repts. Deep Sea Drilling Project.* U.S. Govt. Print Office, Washington, 1984. V. 74. P. 533–541.

Lakova, I., Stoykova, K., Ivanova, D. 1997. Tithonian to Valanginian bioevents and integrated zonations on calpionellids, calcareous nannofossils and calcareous dinocysts from the Western Balkanides, Bulgaria. *Mineralia Slovaca*, 29, 4-5, 301-303.

Lakova I., Stoykova K., Ivanova D. Calpionellid, nannofossil and calcareous dyncocyst bioevents and integrated biochronology of the tithonian to valanginian in the Western Balkanides, Bulgaria // *Geol. Carpathica*. 1999. Vol. 50, N 2. С. 151-168.

Michalík J., Reháková D. Possible markers of the Jurassic/Cretaceous boundary in the Mediterranean Tethys: A review and state of art. *Geosci. Frontiers*, 2011. 2 (4): 475-490.

Michalík J., Reháková D., Halásová E., Lintnerová O. The Brodno section — a potential regional stratotype of the Jurassic/Cretaceous boundary (Western Carpathians). *Geol. Carp.* 2009. Vol. 60, N 3. P. 213-232.

Michalík J., Reháková D., Grabowski J, Lintnerová O., Svobodová A., Schlögl J., Sobieñ K., Schnabl P. Stratigraphy, plankton communities, and magnetic proxies at the Jurassic /Cretaceous boundary in the Pieniny Klippen Belt (Western Carpathians, Slovakia). *Geologica Carpathica*, 2016. 67 (4): 303-328.

Reháková D. Calcareous dinoflagellate and calpionellid bioevents versus sea-level fluctuations recorded in the west Carpathian (Late-Jurassic/Early Cretaceous) pelagic environments. *Geol. Carpathica*, 2000. 51 (4): 229-243.

Vishnevskaya V.S. The Jurassic and Cretaceous boundary in Siberia and Eastern Europe. Abstract volume of the 17 Czech-Slovak-Polish Palaeontological Conference. Krakow. 2016. P. 94.

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.

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ: ОТ ЗАРОЖДЕНИЯ ДО СОВРЕМЕННОСТИ

Смолькин В.Ф.

v.smolkin@sgm.ru, ГТМ РАН, Москва, Россия

В Геологическом музее реализован музейный Проект “ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ“. Авторами его являются доктора геолого-минералогических наук В.Ф. Смолькин, А.В. Ткачев, Ю.Г. Гатинский и дизайнер – М.В. Нижегородцева.

В основу Проекта положены обобщения и анализ современных знаний по различным направлениям: образование Солнечной системы, Земли и ее спутника Луны; возникновение и изменение состава атмосферы и гидросферы; формирование первичной земной коры; зарождение, развитие и распад суперконтинентов; процессы мантийного и внутрикорового магматизма; процессы выветривания, оледенения и седиментогенеза; образование наиболее крупных аккумуляций полезных ископаемых; зарождение жизни и ее эволюция на протяжении всей геологической истории с отражением периодов катастроф, в течение которых происходило вымирание значительности части организмов.

Проект имеет графическое выражение в виде настенного плаката размером 1.2 x 8.5 метра. На общей шкале геологического времени показаны важнейшие датированные события от начала формирования планеты Земля и на всей дальнейшей истории ее геотектонического развития. События показаны раздельно для каждой области знаний в области геологии: планетология и геодинамика; магматизм; осадконакопление и рельеф; гидросфера; атмосфера и климат; биосфера; полезные ископаемые. Полезные ископаемые разделены на следующие группы, показанные значками разного цвета: базитогенные и в связи щелочными магмами; гранитогенные, включая пегматиты, грейзены и скарны; вулканогенно-колчеданные; осадочно-эпигенетические и осадочные.

На плакате приведен изотопный возраст самого древнего вещества Земли и Луны, на основании которых восстанавливается ранняя история формирования системы Земля-Луна, а также отражены периоды максимальной метеоритной бомбардировки, интенсивного роста земной коры и ее разрушения, “кислородных революций”, “эдиакарского феномена и скелетной революции”, “обширных оледенений”, “катастрофических вымираний организмов”, заложения и формирования Атлантического и Индийского молодых океанов и современных горно-складчатых систем, и других реперных событий.

Данный проект наглядно демонстрирует взаимосвязь различных оболочек Земли и их изменение на общей шкале времени, и позволяет анализировать причинно-следственные связи между разными процессами.

РИФОГЕННЫЕ ИЗВЕСТНЯКИ В ПОГРАНИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮРЫ И МЕЛА РАЗРЕЗА Р. ТОНАС (ГОРНЫЙ КРЫМ)

Туров А.В., Агафонова Г.В., Андрухович А.О.

avturov@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Разрез по р. Тонас (Восточный Крым) представлен переслаиванием титонско-берриасских известняков и глин [2, 7]. Эта толща (мощностью 1,5-2 км) протягивается полосой от Караби-яйлы на западе до Феодосии на востоке и участвует в строении ядра Восточно-крымского прогиба. Северный борт прогиба (гора Агармыш) и его западное замыкание (массив Караби-яйла и другие Восточно-крымские ялы) сложены разновозрастными известняками [1], в строении которых принимают участие крупные биогермные и рифовые массивы.

Общая характеристика титонско-берриасских отложений Восточного Крыма дана в классических трудах М.В. Муратова [5] и его сотрудников И.В. Архипова и Е.А. Успенской [3, 6], которые считали эту толщу флишем и доказывали наличие фациальной границы на западном склоне р. Тонас между «верхнеюрским флишем» и известняками Караби-яйлы. Среди современных исследований следует отметить работы В.В. Аркадьева [2], посвященные разработке стратиграфической схемы берриасского яруса Горного Крыма. Новые данные по седиментологии пограничных отложений юры и мела в окрестностях Феодосии опубликованы в комплексной литолого-стратиграфической работе А.Ю. Гужикова и др. [4], а в разрезе р. Тонас авторами [7].

Разрез по р. Тонас расположен у северо-восточного подножия горного массива Караби-яйла, вдоль трассы Белогорск—Приветное, южнее пос. Красноселовка. По данным В.В. Аркадьева [2] он представлен флишоидной толщей (более 430 м), нижняя часть которой (более 130 м) условно отнесена к верхнему титону (?), а верхняя (более 300 м), начинающаяся с базальных известняковых конгломератов, – зоне jacobii берриасского яруса.

Разрез имеет неравномерно-циклическое строение, обусловленное переслаиванием известняков и известковистых глин. В работе [7] показано, что наиболее полные циклиты образованы последовательностью (снизу вверх): известняковая конгломерато-брекчия – известняки обломочные песчано-гравийные – известняки мелкообломочные песчаные – известняки пелитоморфные глинистые – глины известковистые. Для таких циклитов характерна нормальная градиционная слоистость. Известняки образуют слои сантиметровой и дециметровой мощности (от 0,05-0,15 м до 0,3-0,5 м). Глины слагают пачки мощностью 4-8 м, а в верхней части разреза – до 15-18 м. Встречаются неполные циклиты, в которых могут отсутствовать как нижние, так и верхние компоненты. По мнению авторов, обломочные известняки являются типичными турбидитами, сформировавшимися в нижней части крутого склона карбонатной платформы, которая существовала в титон-берриасское время [1] на месте Восточно-крымских ял. Известняки пелитоморфные глинистые и глины известковистые представляют собой гемипелагические отложения.

На общем фоне мелко-среднециклического строения разреза толщи выделяется маркирующий горизонт серых и белых перекристаллизованных известняков (50 м), залегающих в кровле верхнего титона (?) (пачка 14 «массивных рифогенных (водорослевых, коралловых) известняков» по В.В. Аркадьеву [2]). На западном склоне долины р. Тонас они прослеживаются в юго-западном направлении до обрывов Караби-яйлы, вблизи которых увеличиваются в мощности и соединяются с известняками ее привершинной части; на восточном – прослеживаются на расстоянии в несколько сотен метров.

Микроскопическим анализом в известняках установлены биогермные и обломочные разности. Среди биогермных известняков выделяются: 1) строматолитоморфные с органо-генно-обломочным и шламово-пелитоморфным заполнителем, 2) губковые с органо-генно-обломочным заполнителем; обломочные известняки представлены: 3) известняковыми конгломератами, 4) известняками обломочными гравийно-песчаными.

Строматолитоморфные известняки образуют нижнюю и верхнюю слоистые части пачки. Средняя, большая ее часть, с массивным и неотчетливо слоистым строением, сложена неравномерным чередованием губковых биогермных и обломочных известняков.

В строении строматолитоморфных известняков участвуют волнисто-микрослоистые неравномерно перекристаллизованные образования микросгустковой структуры цианобионтного происхождения. Пространство между ними заполнено органогенно-обломочным материалом средне-мелкопесчаного размера, представленным обломками строматолитоморфных образований, зеленых водорослей, иглокожих, створок раковин, редкими раковинами мелких фораминифер. В кровле пачки встречаются мелкие оолиты, иногда образующие микролинзы. В губковых известняках биогермообразователями являются карбонатные губки, с корками цианобионтных образований, пространство между которыми заполнено микрокомковатым карбонатом, обломками цианобионтных наростов и редкими остатками зеленых водорослей.

Нижние строматолитоморфные известняки перекрыты пачкой известняков обломочных гравийно-песчаных. Гравийные обломки представлены цианобионтными образованиями, обломками одиночных кораллов, створок раковин. Песчаные обломки сложены иглокожими, створками раковин, мелкими фораминиферами, остатками цианобионтных образований, зеленых и багряных водорослей, комками пелитоморфного карбоната. Известняковые конгломераты образованы обломками известняков строматолитоморфных, обломочных, мелкодетритовых с обильным пелитоморфным карбонатом и крупными обломками одиночных кораллов. Мелкий детрит представлен створками раковин, спикулами губок; встречаются редкие раковины фораминифер и кальцисферы. Заполнитель – песчаный обломочный карбонатный материал, цементируемый яснокристаллическим кальцитом.

Выше по разрезу между биогермными губковыми известняками залегают известняки обломочные, сложенные гравийными и реже галечными обломками известняков биогермных губковых, строматолитоморфных, обломочных.

Выявленные особенности строения пачки перекристаллизованных известняков позволяют отнести ее к биогермному массиву, сложенному строматолитоморфными цианобионтными и губковыми биогермными известняками, между которыми располагаются линзы межбиогермных обломочных известняков.

Литература

1. Андрухович А.О., Туров А.В. Сравнительная характеристика титон-берриасских отложений Караби-яйлы и Демерджи-яйлы // Известия вузов. Геология и разведка, 2002, № 2.
2. Аркадьев В.В., Богданова Т.Н., Лобачева С.В. Новые данные по биостратиграфии берриасских отложений бассейна р. Тонас (Горный Крым) // Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии : сборник статей 2-го Всероссийского совещания. СПбГУ, Санкт-Петербург, 2005.
3. Архипов И.В. Кимеридж-титонский флиш Горного Крыма и условия его образования // Изв. Вузов. Геология и разведка, 1958, № 6.
4. Гужиков А.Ю., Аркадьев В.В., Барабошкин В.Ю. и др. Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрско-меловому интервалу Восточного Крыма (г. Феодосия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2012, т. 20, № 3.
5. Муратов М.В. Геологический очерк восточной оконечности Крымских гор // Тр. МГРИ, т. VII, 1937.
6. Муратов М.В., Архипов И.В., Успенская Е.А. Стратиграфия, фации и формации юрских отложений Крыма // Бюлл. МОИП, отд. Геол., 1960, т. 35, вып. 1.
7. Туров А.В., Агафонова Г.В., Андрухович А.О. Строение титон-берриасских отложений разреза р. Тонас (Горный Крым) // Проблемы региональной геологии Северной Евразии // Материалы конференции. М. : МГРИ-РГГРУ, 2016.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ НОВЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ПРЕДВЕРХОЯНСКОГО ПЕРИКРАТОННОГО ПРОГИБА.

Мигурский Ф.А., Якупова Е.М.

fam@vnigni.ru, emyakupova@vnigni.ru, ФГБУ «ВНИГНИ», Москва, Россия

Перикратонные прогибы, зоны сочленения древних платформ со складчатыми сооружениями, являются масштабными зонами генерации и локализации углеводородов. Примерами подобных зон являются поля битумоидов Атабаски, бассейна Ориноко, газонефтяные месторождения Персидского залива. Изучение и решение вопросов о геологическом строении перспективных земель активизирует поисковые работы и начало промышленного освоения с целью ввода в эксплуатацию месторождений.

С учетом этих выводов и общего обзора нефтегазоносности, с перикратонными депрессиями должны быть связаны основные открытия скоплений нефти и газа на восточной периферии Сибирской платформы.

В результате предыдущих работ намечены перспективные на обнаружение скоплений углеводородного сырья зоны на этой территории (Сафронов, 1974; Микуленко и др., 1984; Пук, 1984 и др.). Степень геолого-геофизической изученности прогибов востока Сибирской платформы крайне слаба. Можно прямо сказать, что мы плохо представляем их геологическое строение. Фиксистская парадигма развития земной коры, господствовавшая в отечественной науке и нефтегазовой геологоразведке до начала девяностых годов прошлого столетия, значительно замедлила изучение складчато-надвиговых дислокаций перикратонных осадочных бассейнов.

Имеется несколько практических вопросов, решение которых поможет существенно улучшить понимание перспектив нефтегазоносности больших территорий обрамления Сибирской платформы, в настоящее время слабо вовлечённых в нефтегазовую геологоразведку:

- Как ведёт себя осадочный чехол в областях сочленения со складчатым обрамлением? Увеличиваются его толщины или он выклинивается? Какова степень его пликативной и дизъюнктивной дислоцированности?
- Если осадочный чехол залегает под складчато-надвиговыми чешуями в автохтонном состоянии, то каковы глубины залегания основных горизонтов и как далеко они протягиваются?
- Какие масштабы имеют генерационный потенциал и степень преобразованности органического вещества нефтегазоматеринских отложений и продуктивных горизонтов?
- С какими возможными продуктивными интервалами чехла связаны основные возможные резервуары нефти и газа?
- Какие типы ловушек углеводородов могут быть установлены при проведении дальнейших ГРП и каким комплексом геолого-геофизических методов следует осуществлять поиск?
- Какие перспективы нефтегазоносности имеют перикратонные прогибы востока Сибирской платформы и каковы масштабы прогнозных ресурсов углеводородного сырья различных частей исследуемых прогибов?
- Какие части изучаемых прогибов наиболее перспективны в нефтегазоносном отношении и где проводить дальнейшие геологоразведочные работы?

В 2013-2016 годы силами АО «Якутскгеофизика» были проведены сейсморазведочные работы в пределах Предверхоаянского перикратонного прогиба. Выполнена обработка полученных данных МОГТ 2D в объеме 1800 пог. км и интерпретированы полевые материалы. По данным проведенных работ построены сейсмогеологические разрезы по композитным профилям.

Новые сейсмические материалы показали интересные результаты. Установлено широкое развитие обратных надвигов или поддвигов во фронтальной части надвиговых по-

кровов, падающих в сторону от надвигающихся масс. Отмечаемое явление весьма важно в понимании процесса становления современного структурного плана. Этот феномен объясняет объективный характер модели геосинклинального строения платформ столь долго господствовавшей в отечественной геологии. Горизонты осадочного чехла перед фронтом надвигов воздымаются, создавая иллюзию отрицательной структуры Сибирской платформы. По данным геологической съёмки наблюдается ложная картина выхода из-под осадочного чехла складчатого основания платформы на поверхность. Это, в том числе, оправдывает долгое существование термина «прогиб». Иллюзия, наблюдаемая по данным структурной съёмки, развеивается материалами сейсмических профилей, которые однозначно, для всех прогибов дают резкое увеличение осадочного чехла и опускание фундамента и примыкающих к нему базальных горизонтов под складчатые покровы. При этом отражения от фундамента, погружаясь, прослеживаются ещё на десятки километров в сторону складчатой области. Таким образом, подтверждаются как отсутствие прогибания в виде периферийной линейной структуры платформы, так и плитотектоническая геодинамическая история перикратонного обрамления.

Дислоцированность чехла в аллохтоне и под ним имеет весьма интенсивный характер и не может быть в деталях проинтерпретирована без данных глубокого бурения и тщательного картирования поверхностной геологии.

Результаты проведенных исследований использованы для построения геологической модели Предверхоаянского перикратонного прогиба. Обоснование высоких перспектив нефтегазоности доказывает целесообразность проведения новых геологоразведочных работ в северной части Предверхоаянского перикратонного прогиба.

Литература

1. Черский Н.В. и др. История нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции на востоке Сибирской платформы. – Академия наук СССР, Сибирское отделение, Якутский филиал, Институт геологии: Изд-во «НАУКА» Москва, 1986.
2. Сафронов А.Ф.. Геология и перспективы нефтегазоносности северной части Предверхоаянского прогиба
3. Межвилк А.А., Марков Ф.Г. Государственная геологическая карта СССР (новая серия). Объяснительная записка Лист R-(50)-52 Тикси.

ВЛИЯНИЕ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В СООТНОШЕНИИ ДЕФОРМАЦИИ-НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ОДНОЙ МОДЕЛИ НАСЫЩЕННОЙ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ЖИДКОСТЬЮ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

Имомназаров Х.Х., Коробов П.В.

imom@omzg.sssc.ru, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

В докладе рассмотрена термодинамически согласованная математическая модель движения минерализованной жидкости через упруго-деформируемую пористую среду. Рассмотрен учет порового давления и химического потенциала в соотношении деформации-напряжения в изотропной пористой среде. При этом пористая среда описывается тремя упругими параметрами, которые выражаются взаимно однозначным образом: тремя скоростями упругих волн: двумя продольными и одной поперечной [Френкель, 1944, Biot, 1956].

Глины являются одним из наиболее распространенных типов горных пород, составляющих до 11% всего объема земной коры. С ними часто приходится иметь дело при возведении фундаментов зданий и строительстве различных инженерных сооружений. Они повсеместно используются как сырье для производства керамики, кирпича, цемента, а также в качестве наполнителя при изготовлении резины, бумаги, буровых растворов и т.д. Глины обладают высокой адсорбционной способностью, и их успешно применяют для очистки масел, красок, вина, отбеливания тканей, а также как естественные экологические барьеры для борьбы с распространением техногенных загрязнений [Сергеев Е.М., 1983]. Глинистые минералы обладают ярко выраженными ионно-обменными свойствами, что совместно с малым размером частиц и высокой удельной поверхностью (суммарной площадью поверхности частиц в единице массы породы) определяет их повышенную адсорбционную способность. Это замечательное свойство позволяет использовать глины как природные высокоэффективные сорбенты для защиты почв, грунтов и подземных вод от техногенных загрязнений.

Чрезвычайно важным моментом при взаимодействии частиц глинистых минералов с водой является формирование вокруг их поверхности двойного электрического слоя (ДЭС) [Сергеев Е.М., 1983]. Внутренняя часть ДЭС образована отрицательно заряженной поверхностью глинистой частицы, а внешняя состоит из адсорбционного и диффузного слоев гидратированных катионов. Структура ДЭС во многом зависит от рН и концентрации солей раствора, в котором он формируется. Из-за кристаллохимических особенностей строения глинистых минералов при изменении рН раствора наблюдается перезарядка торцевых участков глинистых частиц. Подобный эффект связан с амфотерными свойствами бокового скола октаэдрической сетки, который ведет себя подобно гидроокиси алюминия.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№16-01-00729).

Литература

1. Френкель Я.И. К теории сейсмических и сейсмoeлектрических явлений во влажной почве // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. и геофиз. – 1944. Т. 8. No 4. С. 133-150.
2. Biot M. A. Theory of propagation of elastic waves in fluid-saturated porous solid. I. Low-frequency range // J. Acoustical Society of America. 1956. V. 28. P. 168-178.
3. Грунтоведение / под ред. Е.М. Сергеева. М. : Изд-во МГУ, 1983. 389 с.

НОВЫЙ МАГМАТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ВОЗВЫШЕННОСТИ КИРЯКА-ТАС (ВОСТОЧНЫЙ ТАЙМЫР)

¹Журавлёв А.Н., ²Носова А.А., ³Третьяков А.А.

¹alex_zhur@bk.ru, МГРИ-РГГРУ, Москва, Россия; ²nosova@igem.ru, ИГЕМ РАН, Москва, Россия; ³tectsov@yandex.ru, ГИН РАН, Москва, Россия

До недавнего времени все интрузивные образования, широко распространённые в пределах возв. Киряка-Тас относились к трём нижнетриасовым магматическим комплексам: быррангскому, левлинскому и верхнетаймырскому. Однако, согласно последним данным, полученным в ходе геологосъёмочных работ масштаба 1:200 000, породы штока Высокий не принадлежат к этим комплексам, а относятся скореек более молодому средне-позднетриасовому *восточнтаймырскому* комплексу, выделенному для этой территории впервые. Петротип комплекса находится в 200–230 км к северо-востоку в бассейне рек Чернохребетная, Зелёная, Кульдима и Подкаменная. Прорывающий толщу нижнепермских песчаников, алевролитов и аргиллитов шток расположен в центральной части возв. Киряка-Тас, представляющей собой выступ основания Енисей-Хатангского регионального прогиба. Интрузия на местности выглядит несколько удлинённым плосковершинным холмом, возвышающимся над окружающим выположенным рельефом водораздела на 7–10 м. Размеры в верхней части 15x33, в нижней – более 100x150 м. На вершине холма находится скальный останец высотой около 1,5 м, окружённый полем глыбовых элювиальных развалов интрузивных пород. Склоны покрыты смешанным делювием магматических и осадочных пород. В пределах штока от краёв к центру установлены следующие разновидности пород, не встречающиеся нигде более в пределах возв. Киряка-Тас:

Кварцевые диориты. Структура породы реликтовая крупнозернистая, гипидиоморфнозернистая, наложенных метасоматических образований – гранобластовая, нематогранобластовая. Текстура массивная. Породы сложены олигоклазом – ~40 %, кварцем (~10 %), хлоритом и пумпеллиитом (~15 %), биотитом (~10 %), эпидотом (~5%), карбонатом (~15 %) и рудными минералами (~5 %), небольшой примесью серицита, рутила, а также акцессорным апатитом. Олигоклаз образует зёрна таблитчатого габитуса размером до 2x5 мм, синтетически sdвойникованные. Кварц в виде ксеноморфных выделений заполняет интерстиции между табличками плагиоклаза. Мелкие зёрна позднего (метасоматического) кварца приурочены к карбонат-хлорит-биотитовым скоплениям, иногда дают короткие просечки. Хлорит чешуйчатый светлого зеленого цвета, по нему часто развивается пумпеллиит с характерным плеохроизмом от светло-зелёного до яркого сине-зелёного. По последнему, в свою очередь, развивается биотит и эпидот. Карбонат (кальцит) замещает плагиоклаз, при этом дает крупные выделения до 3–4 мм. Рудные минералы представлены магнетитом, пиритом и гидрогетитом. Магнетит относительно равномерно распределен в породе. Размеры зёрен от 0,2–0,3 до 1,2–1,5 мм. Форма в большинстве изометричная, реже удлинённая. Магнетит корродируется породообразующими минералами с образованием «мирмекитоподобных» или пластинчатых структур. Пирит распределен в породе неравномерно, встречаются скопления вытянутой формы с содержанием до 3–5 %. Размеры выделений от 0,1 до 0,3–0,5 мм. Гидрогетит развивается по пириту в виде тонких (до 0,01–0,02 мм) каёмок по границам его зёрен. Апатит даёт длиннопризматические кристаллы, прорастающие плагиоклаз.

Тоналиты. Структура реликтовая крупнозернистая, гипидиоморфнозернистая. Текстура массивная. Порода сложена олигоклаз-андезином – ~50 %, кварцем (~15 %), хлоритом (~15 %), карбонатом (~15 %), рудными минералами (~5 %), а также акцессорным апатитом. Плагиоклаз образует зёрна таблитчатого габитуса размером до 1x4 мм, синтетически sdвойникованные, почти полностью пелитизированные, сильно карбонатизированные. Хлорит чешуйчатый светлого буровато-зеленого цвета, развивается, по всей видимости, по присутствовавшему в породе темноцветному минералу между табличками плагиоклаза и частично, по плагиоклазу. Ксеноморфные зёрна кварца выполняют промежутки между табличками плагиоклаза. Некрупные зёрна метасоматического кварца и альбита приурочены к

карбонат-хлоритовым скоплениям Кальцит присутствует в кварц-карбонат-хлоритовых скоплениях, а также его выделения размером до 3–4 мм замещают плагиоклаз. Рудные минералы образуют выделения неправильной и пластинчатой формы, приуроченные в основном к хлоритовым скоплениям. Представлены магнетитом и пиритом. Редкие реликтовые зёрна магнетита относительно равномерно рассеяны в породе. Их размеры от 0,05 до 0,2–0,3 мм, форма изометричная и удлиненная, границы коррозионные – неровные, извилистые. Пирит распределён по площади неравномерно, отдельными пятнами с содержанием до 3–4 %. Размеры зёрен от 0,05 мм до 0,5–0,8 мм, преобладают размеры 0,2–0,4 мм. Формы зёрен пирита изометричные; как и магнетита, коррозионные, в редких зернах встречаются сохранившиеся грани кристаллов. Иногда наблюдаются зёрна с правильными кристаллографическими очертаниями (шестиугольные и квадратные сечения). Не исключено, что это вторая генерация пирита, связанная с гидротермально-метасоматическими процессами. Длиннопризматические кристаллы апатита прорастают плагиоклаз.

Трондьемиты. Структура средне-крупнозернистая, гипидиоморфнозернистая. Текстура массивная. Породы образованы плагиоклазом (олигоклазом) – ~70 %, кварцем (~ 20 %), мусковитом (~5 %) и рудные минералы (~5 %), а также редким флюоритом. Плагиоклаз образует зёрна таблитчатого габитуса размером до 0,5x1,0 мм, синтетически сдвойникованные, нацело пелитизированные, с развитием редких чешуек серицита. Кварц в виде ксеноморфных выделений заполняет интерстиции между табличками плагиоклаза. Поздний метасоматический кварц вместе с мусковитом и рудным минералом образует гнёзда, рассеянные по породе. Мусковит присутствует в виде чешуек размером до 0,5 мм в сростаниях с кварцем и часто с рудным минералом, относительно равномерно рассеян по породе. Рудные минералы представленные пиритом и ильменитом образуют плотные выделения неправильной формы размером до 1–2 мм, приуроченные в основном к кварц-мусковитовым гнёздам, характерны сростания с флюоритом?

Для всех описанных пород восточнотаймырского комплекса характерны метасоматические преобразования разной интенсивности. От весьма высокой (до 75 %) в краевых частях штока с образованием кварц-хлорит-эпидот-пумпеллиит-биотит-карбонатных метасоматитов, высокой (до 60 %) в средней с развитием кварц-хлорит-карбонатных метасоматитов, до умеренной (~25–35%) в центре штока, с образованием флюорит-мусковит-кварцевых метасоматитов.

В строении комплекса по химическому составу выделяются породы среднего и кислого состава. К первым относятся кварцевые диориты (SiO_2 – 54,6 мас. %, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ – 4,7 мас. %) известково-щелочной серии (K_2O – 1,19 мас. %). Породы кислого состава представлены тоналитами и трондьемитами (SiO_2 – 70,91÷70,94 мас. %, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ – 7,41÷7,48 мас. %) низкокалиевой известково-щелочной серии (K_2O – 1,32÷1,48 мас. %), характеризуются высокой глиноземистостью (Al_2SiO_5 – 1,2 ÷ 1–3). Характерной особенностью всех разновидностей комплекса является принадлежность к умереннощелочной серии натровой спецификации с резким преобладанием Na_2O над K_2O . При этом в породах с увеличением SiO_2 от средних к кислым происходит снижение концентрации всех петрогенных оксидов, за исключением Na_2O , содержание которого увеличивается.

Описанные породы по минеральному и химическому составу схожи с породами восточнотаймырского комплекса, развиваются в одинаковых по составу и возрасту терригенных толщах нижней перми, их размещение контролируется одними и теми же зонами разломов северо-восточного простирания.

Очевидно, что необходимо дальнейшее изучение минерального и химического состава восточнотаймырского комплекса, уточнение морфологии тел, возраста и взаимоотношений с другими комплексами, а так же установление типа рудной специализации пород комплекса и масштабов оруденения. Все эти задачи могут стать предметом дальнейших специализированных исследований.

S-II

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

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ (САЛЫМСКИЙ ТИП РАЗРЕЗА)

¹Агафонова Г.В., ²Дернова Е.О.

agafonovagalina@inbox.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия;
dernova@vniigni.ru, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», Москва, Россия

Баженовская свита как геологическое тело в разрезе мезозоя Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна впервые выделена в 1959 г. Ф.Г. Гулари. Свита с одной стороны, является нефтеносной толщей, генерирующей углеводородный поток на огромной территории, с другой – является коллектором. По оценкам ряда специалистов в глинисто-кремнистых породах баженовской свиты содержится около 15% ресурсов нефти Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции[2].

В настоящее время, когда добыча нефти из традиционных коллекторов нефти в Западно-Сибирском бассейне падает, баженовская свита становится главным объектом потенциального прироста запасов и добычи нефти.

Баженовская свита отличается от обычных осадочных пород, как по составу, так и по физическим свойствам и является литологическим и геофизическим репером. Это преимущественно кремнистые, обогащенные органическим веществом и микроэлементами породы.

В работе представлена литологическая характеристика пород баженовской свиты центральной части Западно-Сибирской плиты (Салымский тип разреза); составлена их детальная классификация по процентному содержанию компонентов; проанализированы петрофизические и геохимические свойства пород по 28 скважинам и проведен макро и микро литологический анализ (104 шлифа).

В Салымском типе разреза баженовская свита представлена 4-мя пачками [1]:

1. карбонатно-кремнистая (аргиллиты битуминозные с прослоями радиоляритов, известковистых аргиллитов и глинистых известняков, с обильной фауной, сильно пиритизированные, мощностью 16 м);

2. аргиллиты плитчатые (аргиллиты битуминозные в разной степени плитчатые с обильной фауной сильно пиритизированные с прослоями кремнисто-карбонатного материала и включениями витреноподобного вещества (твердый битум), мощностью 3-8 м);

3. кремнисто-известковая (аргиллиты битуминозные с прослоями известняков, мергелей, кремнистых пород пиритизированные, с редкой фауной, мощностью 10-15 м);

4. глинистая (аргиллиты битуминозные неравномерно плитчатые с редкой фауной сильно пиритизированные, мощностью 2-5 м).

Баженовская свита сложена темноокрашенными битуминозными породами с тонкими структурами и тонкими текстурами.

Анализ фактического материала позволил выделить 4 группы пород, которые подразделяются на литотипы.

I. Алеврито-глинисто-кремнистые породы:

– алевритово-глинисто- кремнистые (глинистое вещество 5-40%, терригенный материал 5-25%);

– алевритово-глинисто- кремнистые с радиоляриями (радиолярии 10-20%);

– глинисто-кремнистые с радиоляриями (радиолярии 10-15%);

– вторично измененные в различной степени карбонатизированные и пиритизированные (пирит 5-20%, карбонат 5-20%).

II. Радиоляриты:

– радиоляриты алевритовые (алевритовая примесь 5-15%);

– радиоляриты с углистым детритом (5-10%);

– вторично измененные в различной степени карбонатизированные и пиритизированные (пирит 5-20%, карбонат 5-20%).

III. Аргиллиты:

– аргиллиты алевритистые (алевритовая примесь 5-15%);

– вторично измененные пиритизированные (пирит 5-15%).

IV. Известняки вторичные (карбонат 60%).

В каждой группе выделяются породы, подвергшиеся вторичным изменениям, продуктами которых являются пирит и карбонат. Кроме того, к вторичным процессам относится инверсия опалового вещества раковин радиолярий в кварц-халцедоновые агрегаты.

При анализе шлифов выделен пирит нескольких генераций. Более ранний пирит присутствует в тонкодисперсной форме и образует прочно связанные с керогеном органоминеральные комплексы. Пирит более поздней генерации развит неравномерно и образует микровключения, микропрослой и микролинзы, заполняет раковины радиолярий.

Карбонат (кальцит и реже доломит) представлен кристаллами тонкой и мелкой размерности и их скоплениями, расположенными беспорядочно или прослоями, подчеркивает первичные структурно-текстурные признаки пород, развивается по раковинам радиолярий.

Для выделенных литотипов, вне их компонентного состава, характерна микро-тонко горизонтально волнистая и линзовидная текстуры, определенные послойными распределениями глинистого, алевритового и биогенного материала, а также ориентировкой компонентов.

Анализ петрофизических данных показал, что в породах свиты коэффициент пористости (Кп) изменяется от 0 до 7,2%, коэффициент проницаемости (Кпр) – 0-76,2 мД. По выделенным литологическим группам: глинисто-кремнистым породам соответствует Кп в пределах 0-7,2%, Кпр – 0-76,2 мД, радиоляритам – Кп в пределах 0-4,2%, Кпр – 0-43,2 мД, аргиллитам – Кп в пределах 0-1,4%, Кпр – 0-35,5 мД. Тип коллектора трещинный; трещиноватость седиментационно обусловленная.

При изучении геохимических данных было установлено, что породы свиты характеризуются высоким содержанием Сорг., которое варьирует в пределах 2,22-17,35%, вверх по разрезу содержание органического углерода уменьшается. Tmax (характеризует зрелость керогена) равен 435-445 °С и свидетельствует о ранней зрелости керогена, соответствует стадии катагенеза МК1. Индекс нефтенасыщенности изменяется в пределах 5,50-154,33, причем нефтенасыщенным интервалам (индекс нефтенасыщенности больше 100%) отвечает глинисто-кремнистая группа пород.

Литература

1. Брадучан Ю.В., А.В. Гольберт, Ф.Г. Гурари и др. Баженовский горизонт Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 216 с.

2. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. 696 с.

«ЗОЛОТЫЕ ГВОЗДИ» ЭНДОЛИТОЛОГИИ

¹Алексеев В.П., ²Амон Э.О.

¹igg.lggi@ursmu.ru, Уральский гос. горный университет, Екатеринбург, Россия

²edwardamon@mail.ru, Палеонтологический институт РАН, Москва, Россия

Для наук о Земле в целом и геологии в частности неизбежную смену глобальных парадигм, предельно сжато охарактеризованных в таблице, оптимальнее всего рассматривать в областях, связанных с взаимоотношениями и эволюцией живой и неживой материи. В первую очередь это связано с изучением осадочных пород, заключающих горючие полезные ископаемые, где возможно ожидать прорыв в представлениях о самоорганизации природных процессов. Его осуществление наиболее реально в русле NBICS-конвергенции, определяющей меж- и трансдисциплинарные связи между отраслями знания [2].

Таблица. **Эволюция представлений в ходе смены глобальных парадигм познания ([5], с существенными сокращениями и дополнением)**

Парадигма	Обобщенная формула	Изучаемые процессы
Классическая	Субъект ↔ Средства ↔ (Объект)	Линейные (linear)
Неклассическая	Субъект ↔ [Средства ↔ Объект]	Нелинейные (nonlinear)
Постнеклассическая	{Субъект ↔ Средства ↔ Объект}	Внелинейные (outlinear)

Аналогично понятию *эндофизика* (endophysics), что в буквальном смысле означает «физика изнутри» [6], авторами предлагается новый взгляд на осадочные отложения, названный *эндолитологией* (для англоязычного подхода его правильнее назвать эндоседиментологией или endosedimentology). Эндолитология – это литология (наука об осадочных породах) «изнутри», глазами наблюдателя, присутствующего в наблюдаемом. Она соответствует синергетическому мировидению, базирующемуся на приоритете самоорганизации протекающих процессов, и предусматривает взгляд на окружающий мир в его эволюции, через интерфейс между состоявшимся прошлым и предсказуемым будущим, в единстве живой и неживой природы [4]. Рассмотрение основ эндолитологии проведено на базе нескольких основных понятий, названных «золотыми гвоздями» [1]. К таковым отнесены те вопросы, которые представляются нетипичными (вплоть до парадоксальных) и требуют непосредственного участия субъекта в их изучении и осмыслении. В работе [3] приведен детальный разбор 6 таких «гвоздей», краткая характеристика которых сводится к следующему.

1. При изучении терригенных отложений, заключающемся в исследовании распределения слагающих их частиц, следует пользоваться логарифмической шкалой размерности. Таковая в наиболее оптимальном виде отражается на эмпирических полигонах распределения, ограничиваемых гистограммами. Особое значение такой подход приобретает при анализе би- и полимодальных распределений частиц по размерам. Это может служить следствием разных процессов – от унаследования состава пород в области сноса до различия в транспортировке отдельных популяций частиц. Ответы на данный и другие вопросы содержатся в их эндоседиментологическом рассмотрении, с непременным участием наблюдателя (субъекта).

2. Скорость процессов осадконакопления в течение как минимум мезокайнозоя, а скорее всего, фанерозоя в целом, была постоянной, адекватной современной, и в основном составляла 1-3 тыс. Бубнов или 1-3 мм/тыс. лет. Наблюдающиеся вариации в наблюдаемых темпах приращения осадков являются следствием различных причин геологического характера, которые должны являться предметом специального изучения.

3. Геологическая летопись, которая изучается по «немым свидетелям прошлого», является не исторической хроникой, а представляет сохранившиеся «отрывки из обрывков», по которым можно лишь примерно реконструировать цепочку имевших место событий. Из 100 страниц изначально полной книги природой к непосредственному прочтению предъявлены одна – две. Однако, в силу широкого проявления самоорганизации, даже эти 1-2 страницы по большей части дают достаточно понятный пересказ всей истории. Есте-

ственно, что реконструкция (реставрация) общего текста наиболее эффективна с позиций эндолитологии как системы взглядов, вмонтированных в русло неклассической, и особенно – постнеклассической парадигм.

4. Мы не преследуем целью дезавуировать попытки уложить геологическую цикличность в прокрустово ложе линейных иерархических классификаций с единым шагом размерности (вида золотого сечения). В то же время поиск подобных закономерностей, даже в формате 2D (вертикальные плоскости и разрезы), представляется ограниченным, а нередко и бесполезным. Цикличность следует рассматривать в объемном виде (3D), как развитие по спирали, что отвечает нелинейным представлениям, а следовательно, и предполагает участие субъекта в изучении проблемы. Это позволяет по-новому звучать прозорливое высказывание Ю.А. Жемчужникова «Геологу надо мыслить циклами», произнесенное 70 лет назад. Новый импульс данному высказыванию может придать именно эндолитологический подход.

5. Широко известные разночтения в трактовке понятия «фация», изначально относящиеся к «первородному греху» А. Грессли, непреодолимы в рамках классической парадигмы геологического знания. Они получают принципиально новое содержание и звучание в рамках синергетического мировидения, являющегося базовым понятием неклассической парадигмы. Ключевым становится категория «ландшафт» в *метафизическом* понимании, охватывающем как материальные, так и временные пространства. Именно фации осадочных отложений как палеоландшафты представляют собой уникальный объект для изучения неосязаемой перегородки (интерфейса) между прошлым и будущим в рамках геологического времени. Фациальный анализ удачно вписывается во все векторы NBICS-конвергенции, являясь связующим звеном в комплексных исследованиях геологических процессов и объектов.

6. Фациальный закон Головкинского – Вальтера (корреляции фаций) определяет необходимость прослеживать на расстоянии (коррелировать) не отдельные литологические (а тем более гранулометрические) типы пород, а их комплексы: циклы, литоциклы. Их выделение целесообразно проводить по изменению направленности смены фаций: с трансгрессивной на регрессивную. Детальное исследование границ слоев и комплексов, в том числе с учетом зубчатости латеральных контактов, рекомендуется выполнять посредством фациально-циклического анализа, апробированного на многих угленосных толщах и впервые использованного авторами для субаквальных отложений Западной Сибири.

Эндолитологические исследования в целом дают новый, во многом нетривиальный ответ на три извечных вопроса: *что* нами исследуется, *как* это следует делать и *зачем* это нужно? В первом случае квинтэссенция ответа содержится в сведении времени в исчезающий интерфейс между наблюдателем и окружающим миром. Во втором – сводится к постоянной верификации выполняемых построений и рассуждений, что особенно присуще NBICS-конвергенции. Ответ на третий вопрос заключается в синергетическом видении проблем, соответствующем неклассической / постнеклассической парадигмам знания.

Литература

1. Алексеев В. П. «Золотые гвозди» нелинейной седиментологии // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Мат-лы VII Всерос. литол. совещ. Новосибирск: ИНГГ СО РАН. 2013. Т. 1. С. 20-23.
2. Алексеев В. П. NBICS-конвергенция применительно к нефтегазовой литологии: новый ракурс традиционных представлений // «Новые идеи в науках о Земле», XII Межд. науч.-практ. конф. М.: МГРИ-РГГРУ, 2015. Т. 1. С. 100-101.
3. Алексеев В. П., Амон Э. О. Седиментологические основы эндолитологии. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 476 с. (см. сайт alekseevvp.ru).
4. Алюшин А. Л., Князева Е. Н. Темпомиры: Скорость восприятия и шкалы времени. М.: Изд-во ЛКИ. 2008. 240 с.
5. Стёпин В.С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция. 2000. 743 с.
6. Rössler O. E. Endophysics: The World as Interface. Singapore: World Scientific. 1998. 204 p.

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОНД КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА – ОТ КЕРНОХРАНИЛИЩА К ЦЕНТРУ ХРАНЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА

**Иванов Ю.А., Клавдиева Н.В., Фомин А.С., Анохина Т.В., Горохов И.Н.,
Оленева Н.В., Черных Е.М.**

vnigninara@mail.ru, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический
нефтяной институт», Филиал «Апрелевское отделение ВНИГНИ», Апрелевка, Россия

Согласно стратегии развития геологической отрасли до 2030 года, одним из приоритетных направлений развития является совершенствование системы сбора, обработки, анализа, хранения и предоставления в пользование геологической информации, в том числе носителей первичной геологической и геофизической информации.

Для сбора и хранения природных носителей первичной геологической информации в системе госуправления в 1995 г. был создан Федеральный фонд кернового материала, палеонтологических и литологических коллекций и коллекций нефтей нефтегазоносных провинций России (ФФКМ) на базе Апрелевского отделения Всероссийского научно-исследовательского геологического нефтяного института (ныне – Филиал «Апрелевское отделение ВНИГНИ» ФГБУ «ВНИГНИ»).

Здание кернохранилища было построено в 1975 г. До конца 1980-х гг. профилем деятельности кернохранилища было хранение керна опорных и параметрических скважин, а также других категорий глубоких скважин, пробуренных на углеводородное сырье в пределах Восточно-Европейской платформы. Кроме того, на хранение были приняты образцы керна скважин, пробуренных в Средней Азии, собранные в ходе тематических работ ВНИГНИ. С 2007 г. профиль кернохранилища постепенно расширяется: стал поступать керн из других регионов (юг Европейской части России, Восточная Сибирь, Ненецкий автономный округ, шельф России, Западная Сибирь), а также керн скважин, пробуренных на твердые полезные ископаемые в Архангельской, Ростовской областях, Республике Дагестан и Ямало-Ненецком АО. На хранение принимается керн, полученный при государственном геологическом изучении недр либо геологических работах по лицензионным соглашениям. Распорядителем хранимой в ФФКМ геологической информации является Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра).

В настоящее время действуют следующие разделы ФФКМ: керн буровых скважин; шлифотека; палеонтологические коллекции; литологические коллекции; архив геологической документации; каротажные диаграммы.

В кернохранилище на постоянном (долгосрочном) хранении находится (по состоянию на 01.01.2017 г.) 43,5 тыс. пог. м керна по 2,8 тыс. скважин. Наибольшим количеством керна представлены Тимано-Печорская НГП (14567 м по 438 скв.), Волго-Уральская НГП (5770 м по 212 скв.), центральные районы Восточно-Европейской платформы (Московская и Мезенская синеклизы; 8114 м по 96 скв.), Северо-Кавказская НГП (2446 м по 1243 скв.), Прикаспийская НГП (913 м по 67 скв.), Западно-Сибирская НГП (1176 м по 40 скв.), Днепрово-Припятская ГНП (1634 м по 58 скв.), территория Средней Азии (976 м по 473 скв.). В блоке временного хранения (керн, перемещенный из других кернохранилищ) находится 103,6 тыс. м керна по 2,7 тыс. скважин, в т.ч. 55,8 тыс. пог. м по 1,9 тыс. нефтегазовых скважин, пробуренных в Ямало-Ненецком автономном округе. Общий объем шлифотеки составляет 36,7 тыс. шлифов из 1,1 тыс. скважин различных регионов России. Из них наибольшее количество шлифов – 39% – из 288 скважин Волго-Уральской НГП, 18% – из 488 скв. Северо-Кавказской НГП, 8% – из 31 скв. Тимано-Печорской НГП и 25% – из 174 скв. центральных районов Восточно-Европейской платформы (Московская и Мезенская синеклизы), а также Западно-Сибирской НГП (28 скв.), Прикаспийской НГП (25 скв.) и скважин, пробуренных на территории Средней Азии (30 скв.). Шлифотека доступна для работы заинтересованных геологов-исследователей, как из ФГБУ «ВНИГНИ», так и из сторонних организаций. Для изучения шлифов имеется два микроскопа, оборудованных цифровыми фотокамерами.

По материалам ФФКМ создано семь литологических коллекций по нефтегазоносным комплексам: мезозойских отложений Северо-Кавказской НГП; палеозойских (среднедевонско-нижнепермских) отложений Волго-Уральской НГП; надсолевых и подсолевых отложений Прикаспийской НГП; палеозойских и нижнемезозойских отложений Тимано-Печорской НГП; вендских и кембрийских отложений Лено-Тунгусской НГП; верхнепермско-мезозойских отложений Хатангско-Вилуйской ГНП; юрских и меловых отложений Надым-Пурской НГО Западно-Сибирской НГП. ФФКМ пока не имеет специального помещения для хранения литологических коллекций, но такое помещение предусматривается в строящемся новом здании кернохранилища.

Палеонтологический коллекционный фонд состоит из образцов замковых и беззамковых брахиопод, аммонитов, тентакулитов, конодонтов, двустворчатых моллюсков общим объемом 23,0 тыс. образцов. К настоящему времени сформировано восемь коллекций: брахиоподы девона Восточно-Европейской платформы, Южного и Среднего Тимана; беззамковые брахиоподы девона Восточно-Европейской платформы; замковые брахиоподы девона по керну скважин Волго-Уральской НГП; беззамковые брахиоподы девона по керну скважин Волго-Уральской НГП; конодонты Волго-Уральской провинции и Южного Тимана; аммониты юры Волго-Уральской НГП; аммониты юры Северного Кавказа; сравнительная коллекция мезозойских аммонитов Волго-Уральской НГП, Дальнего Востока, Средней Азии (Узбекистан, Таджикистан).

Архив геологической документации содержит 5,3 тыс. единиц хранения, среди которых дела и материалы на ликвидацию скважин, выкопировки из отчетов о результатах бурения скважин, материалы тематических работ и др. Существует проблема сбора сопровождающей документации вследствие того, что при передаче керна на хранение не предусматривается передача дела скважины; оно находится в архиве организации-строителя, отчет о научной обработке результатов бурения – в фондах геологической информации (Росгеолфонд, территориальные фонды) либо в архивах геологических организаций.

Фонд каротажных диаграмм содержит материалы по 4,0 тыс. скважин, пробуренных на территории Северо-Кавказской НГП (Ставропольский край – 2970 скважин, Краснодарский край, Республика Дагестан, Республика Калмыкия и др.) и Тимано-Печорской НГП (Ненецкий АО – 36 скважин), а также Белоруссии (313 скв.) и Казахстана (37 скв.).

Все информационные ресурсы ФФКМ переводятся в цифровой вид: созданы электронные каталоги по всем разделам фонда, имеется фотодокументация керна, укомплектованного на длительное хранение, фотографии шлифов и литологических образцов, скан-образы каротажных диаграмм. Каталоги материалов ФФКМ размещены на сайте ВНИГНИ (http://www.vnigni.ru/about/structure/aprel_otd/), а также предоставляются по запросам пользователей, поступающим на адрес электронной почты Филиала «Апрелевское отделение ВНИГНИ» (vnigninara@mail.ru).

Основная идея, реализуемая ФФКМ, – совместное хранение природных носителей геологической информации (ПНГИ – керн, шлифы и пр.) и сопровождающей геологической документации, создание банка данных по скважинам, керну и другим ПНГИ. Имеется возможность проведения лабораторного гамма-каротажа керна на гамма-спектрометрической установке «Мультирад-Гео». В будущем предполагается возможность проведения аналитических исследований хранимого керна (литологических, петрофизических, геохимических) и дополнение банка данных результатами аналитических исследований керна.

В связи с заполнением существующего керносклада ФФКМ с 2013 года проводится реконструкция комплекса зданий фонда, предусматривающая увеличение объема хранения до 2 млн. пог. м керна, оснащение современными средствами механизации и лабораторным оборудованием и создание научно-аналитического центра исследования керна. Общий объем финансирования составляет более 3 млрд. руб. из федерального бюджета, срок реконструкции – до конца 2018 года. Предусмотрено создание лабораторий для проведения литолого-стратиграфических, петрофизических и геохимических исследований керна, а также учебно-методической базы для подготовки кадров высокой квалификации.

ВЛИЯНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ПРОГРЕВА И ПОГРУЖЕНИЯ ПОРОД В ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ НА ИХ НЕФТЕГАЗОСНОСТЬ

¹Леоненко Г.Н., ²Леоненко Е.В.

¹egorleo85@gmail.com, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Объектами исследования являются терригенные песчано-алеврито-глинистые и сопутствующие им высокоуглеродистые кремнисто-карбонатно-глинистые ассоциации Западно-Сибирского и других бассейнов, содержащие рассеянное органическое вещество и вмещающие скопления флюидов (нефти, газа и воды).

В работе большое внимание уделялось исследованию влияния погружения и прогрева пород, изменения флюидного режима на перестройку внутренней структуры ОБ, на литологические особенности коллекторов и их нефтегазоносность.

На разных стадиях эволюции ОБ важное значение имеют неодинаковые энергетические факторы. При седиментации наиболее важное значение имеет скорость осадконакопления и динамика переноса и седиментации осадков, а при нагреве и погружении пород – величины температуры и давления [1, 3].

По характеру седиментации все ОБ авторы разделили на три группы литофациальных комплексов, различающихся скоростью осадконакопления: высокоскоростные, низкоскоростные и переменноскоростные.

Высокоскоростные комплексы (20-50 и более м/млн. лет), скорее всего, соответствуют молодым платформам с горизонтальными, наклонными до вертикальных зонами разуплотнения. Для данных комплексов характерны горизонтальные перемещения флюидов.

Низкоскоростные комплексы (1-20 м/млн. лет) более свойственны древним платформам с субгоризонтальными зонами разуплотнения.

Переменноскоростные комплексы (1-50 и более м/млн. лет) представляют участки заполнения рельефа фундамента, обладающие высокой вертикальной проводимостью, характерные для бассейнов рифтовых зон и подвижных, складчатых областей. В таких комплексах преобладают вертикальные перемещения флюидов.

С точки зрения нефтегазоносности наибольшее значение имеют высокоскоростные системы, соответствующие молодым платформам. Их особенности были изучены авторами на примере Западно-Сибирского бассейна (ЗСБ) и других бассейнов. Особое внимание уделялось влиянию динамических факторов (температуры, давления и режима флюидов) на преобразование пород-коллекторов. Их влияние неодинаково в разных частях бассейнов. В ЗСБ максимальные скорости погружения усматриваются в северо-восточной части, а наиболее интенсивный прогрев – в центральной и западной. Соответственно различаются интенсивность минеральных преобразований, свойства коллекторов и нефтегазоносность толщ.

Проведенный нами анализ показал, что разные факторы влияют на формирование коллекторов положительно или отрицательно. Уплотнение, кальцитизация, интенсивное окварцевание обуславливают уменьшение их емкостных свойств, а выщелачивание минералов наоборот приводит к возникновению вторичной емкости. Совместное действие всех этих факторов приводит к тому, что плотность и открытая пористость пород уменьшаются с глубиной нелинейно.

В разрезе разных районов ЗСБ прослеживается автоколебательный характер изменений пористости и плотности пород с глубиной. В разрезе образуются участки уплотнения-разуплотнения, по которым можно выделить 3-4 глубинные зоны коллекторов. Границы между ними проходят по «ступеням уплотнения», в которых пористость скачкообразно понижается с глубиной. В первой и второй глубинных зонах преобладают первичные ми-

нералы, глубже по разрезу (в третьей и четвертой зонах) – вторичные. В первой и второй зонах породы практически не изменены. Глубже по разрезу, в третьей и четвертой зонах, породы состоят из вторичных минералов и характеризуются высокой степенью трещиноватости. Таким образом, по мере погружения породы подвергаются существенному преобразованию, при этом температура образования меняется всего на 50°С в интервале от первой к четвертой зонам. Можно полагать, что в изменении пород решающую роль играют флюиды.

Наиболее интенсивное нефтеобразование наблюдается во второй зоне в интервале 2.0-2.45 км, а максимальная газогенерация отмечается в четвертой зоне на глубине 3.0 км и более.

Значительную роль в изменениях параметров зон играют процессы миграции флюидов. Затрудненный или свободный режим их перемещения использован при разделении толщ коллекторов на авто- и интрагенетические комплексы. Автогенетические комплексы являются закрытыми энергетическими системами, эволюция изменений в которых происходит достаточно медленно и определяется внутренней спецификой толщ. Интрагенетические комплексы являются открытыми системами, поэтому процессы в них определяются внешними условиями, которые приводят к быстрым и резким преобразованиям. К закрытым комплексам относятся верхнеюрские-меловые отложения Красноленинского нефтегазоносного района, юрские толщи Уренгойского района, а к открытым принадлежат отложения Среднего Приобья. Автогенетические и интрагенетические комплексы имеют разные геохимические особенности. Открытые комплексы отличаются повышенным содержанием высокомолекулярных углеводородов (УВ), а закрытые – значительным количеством легких компонентов: водорода, серы, кислорода и газообразных УВ.

Установлено, что в автогенетических («закрытых») комплексах нефтегенерация происходит медленнее с разницей начала генерации в 60 млн. лет. В Среднем Приобье она начинается в конце альба, а в Красноленинском районе – только в олигоцен-четвертичное время. В закрытых системах нефтегенерация происходит на больших глубинах (на 0.35-1.0 км.) и при более высоких температурах (на 10-30°С), чем в открытых комплексах [2]. Мы видим, что разновозрастные толщи в результате различного прогрева и погружения могут быть нефтеносными или газоносными.

Литература

1. Леоненко Г.Н., Леоненко Е.В. Основы вещественно-энергетических представлений об изменении литологии нефтегазоносных толщ в истории осадочных бассейнов // Материалы VII Всероссийского литологического совещания. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. Т. 2. С. 168-170.
2. Леоненко Г.Н., Соколов Б.А. Зоны коллекторов нефти и газа и эффективность их вскрытия перфорацией. М.: Геоинформмарк, 1993. 57 с.
3. Леоненко Г.Н., Леоненко Е.В. Строение и формирование углеводородных лито-флюидодинамических систем осадочных бассейнов. Связь с нефтегазоносностью // Сборник: XII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». Москва: РГГРУ, 2015. Т. 1. С. 106-107.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ НЕПСКО-ПЕЛЕДУЙСКОГО СВОДА И УНИКАЛЬНОЙ ПРОГНОЗНОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПОДФУНДАМЕНТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Марсанова М.Р.

marigotov@mail.ru, Северо-Восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

В настоящее время Непско – Ботуобинская нефтегазоносная область (НГО) и входящая в нее территория Непско – Ботуобинской антеклизы (НБА) является одной из немногих территорий Сибирской платформы, обладающих исключительно высоким углеводородным потенциалом. Вместе с тем, согласно полученным оценкам распределений разведанных и прогнозных запасов газа по методике Ф.Н. Алексеева в природных совокупностях месторождений на территории Непско-Ботуобинской НГО в пределах Якутии, возможно увеличение разведанных запасов УВ в 3,8 раза [1].

В результате проведенных исследований получены и аргументированы новые представления о глубинном строении и нефтегазоносности зоны сочленения Сибирской платформы и Байкало-Патомской складчатой области в Патомском секторе одноименного складчатого пояса.

Новизна представлений сводится к следующим положениям

1. В развитие гипотезы член-корреспондента Соколова Б.А. и в дополнение к опубликованным уточнениям к ней, установлено положение юго-восточной границы реликтовой кристаллической пластины, покрывающей Иркиннеево-Чадобецкий авлакоген в основании северо-восточной части Непско-Пеледуйского свода в Патомском секторе Байкало-Патомской складчатой области, играющей важную роль в обосновании существования супербассейна в подфундаментных отложениях НПС.

2. Нюйско-Джербинская впадина в Патомском секторе не выделяется, а Предпатомский прогиб редуцирован и представлен многокилометровыми терригенными отложениями в основном в прифронтальной зоне складчатого пояса и возможно расширение юго-восточной границы Непско-Ботуобинской антеклизы на восток до левобережья р. Лена, а Непско-Ботуобинская антеклиза сочленяется в этом секторе с Байкало-Патомской складчатой областью посредством глубинного мантийного разлома–краевого шва, положение которого наследуется современным положением русла р. Лена.

3. Построена по профилю «Батолит-1» и его продолжению до БПСП апостериорная глубинная модель земной коры до границы Мохоровичича, альтернативная существующим, на которой с позиции флюидодинамической теории конвергенции в тектоническом ряду Непско-Пеледуйский свод – Предпатомский прогиб – Байкальско-Патомская складчатая область в Патомском секторе установлены формальные признаки наличия структурных элементов супербассейна, характерных для нефтегазоносных бассейнов на границе со складчатыми областями, залежи УВ которого прогнозируются на изучаемой территории в “подфундаментных” отложениях Непско-Пеледуйского свода.

На примерах крупнейших супербассейнов мира установлено, что основные скопления нефти и газа в месторождениях - гигантах определяются их позицией относительно соседнего горного сооружения. Большинство таких бассейнов состоит из вытянутого желобообразного прогиба и крупной изометричной впадины, соседствующих с горным сооружением. Неотъемлемым элементом бассейнов, устанавливающим связь с флюидодинамическими процессами и образованием месторождений УВ, является газопитающий разлом земной коры в дистальной части прогибов, уходящий в мантию, с помощью которого осуществляется миграция рассеянного органического вещества и концентрация его в ловушках УВ [5].

Такая обобщенная модель хорошо увязывается с теорией конвергенции образования залежей УВ [4].

Элементами апостериорной глубинной модели явились известное положение границы Мохо на профиле, аргументированные ранее палеорифтовая система (авлакоген) в основании НПС и перекрывающая ее реликтовая кристаллическая пластина, а также установленное поведение кровли кристаллического фундамента и подобранная геоплотностная модель, интерпретирующая падающий тренд гравитационного поля ΔG и синфазную амплитудную аномалию с магнитным полем ΔT на Пк 1130 км [2, 3].

Рассмотрение модели позволяет заключить, что формальные признаки наличия структурных элементов супербассейна в этой модели имеются. На юго-востоке территории расположена Байкало-Патомская складчатая область (БПСО), на северо-западе на расстоянии 150-200 км от него расположена Непско-Ботуобинская антеклиза, являющаяся областью нефтегазонакопления, которая через шовный разлом сочленяется с внутренней погруженной частью сегмента НДВ Предпатомского прогиба и БПСО.

Констатируется, что при такой модели реально отсутствуют месторождения - гиганты УВ в осадочном чехле НПС, а природа уже открытых месторождений требует уточнения. Делается вывод о том, что основным ареалом нефтегазонакопления является не осадочный чехол, а подфундаментные отложения.

Установленные предпосылки существования авлакогена в основании НПС, дают основание говорить как минимум о неостребованном высоком УВ потенциале подфундаментных отложений, свойственном погребенным рифтовым системам. Если еще предположить латеральную струйную миграцию флюидов по кристаллическому фундаменту из внутренней части прогиба в подфундаментные отложения Непско-Пеледуйского свода [7], в них по максимуму, может быть открыт крупный нефтегазоносный бассейн, в котором реализуется суммарный генерационный потенциал рифейских отложений палеорифтовой системы и Предпатомской краевой системы в рассматриваемом сегменте.

Литература

1. Алексеев Ф.Н., Берзин А.Г., Ситников В.С. "Природные совокупности и ассоциации залежей углеводородов" // Новые идеи в геологии. и геохимии нефти и газа. Мат. VI-й международной конференции – М.: Геос, 2002, – т.1 – С. 21–25
2. Берзин А.Г., Ситников В.С., Берзин С.А., Рудых И.В. О возможном подфундаментном источнике УВ в условиях Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геофизика- № 2. – 2007. - С.9-15
3. Берзин А.Г., Берзин С.А., Иванов И.С. Геолого-геофизические модели Непско-Пеледуйского свода и прилегающей части Нюйско-джербинской впадины. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М: ВНИИОЭНГ, №4, 2014. Стр. 55-63
4. Иванников В.И., Кузнецов Ю. И. Нефть: история, происхождение, закономерности размещения. // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2011. Вып.9 (198). С.114-146.
5. Корчагин В. И. Закономерности взаимного расположения крупнейших скоплений нефти и газа в супербассейнах // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1997. № 5. С. 38-49

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ШЕЛЬФА ЮЖНОГО И СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВАМИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ФУНДАМЕНТА

Нгуен М.Х., Горюнов Е.Ю.

nguyenminhhoa1988@gmail.com, eyugoryunov@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Шельф Южного Вьетнама расположен в пределах Южно-Китайского моря. Изучение геологического строения шельфа началось с шестидесятые годы XX века. В результате проведения геолого-поисковых работ, был открыт ряд месторождений углеводородов в породах фундамента, в том числе как Белый Тигр, Дракон, Дайхунг, Черный Лев и др.

Шельф Южного Вьетнама включает в себя Кылулонгскую и Южно-Коншонскую впадины, разделенные Коншонским поднятием. Характерной особенностью геологического строения Кылулонгской впадины является ее блоковое строение. Тектонические блоки разделены крупными протяженностью в несколько десятков километров и амплитудой до 1500 м конседиментационными сбросами и сбросо-сдвигами, а также наблюдаются многочисленные мелкие нарушения. В строении Кылулонгской впадины принимают участие докайнозойский кристаллический фундамент, сложенный кислыми интрузивными породами и перекрывающие его терригенные отложения кайнозойского возраста.

Все открытые месторождения имеют сложное строение с развитием дизъюнктивных нарушений. Тектонически дислоцированы как породы фундамента, так и в меньшей степени осадочного чехла включая и четвертичные отложения, что свидетельствует о проявлении современной активной тектоники региона.

Фундамент месторождения Белый Тигр состоит из трех блоков: Северного, Южного, Центрального, из них наиболее приподнятый – Центральный свод, в пределах которого расположены самые высокодебитные скважины. Важнейшую роль в формировании структуры, образования и размещении залежей, а также продуктивности фундамента играют структурообразующие и неотектонические активные нарушения. В фундаменте преобладают трещино-кавернозный тип коллекторов, развитый по гидротермально измененным гранитоидам.

Основные гидротермальные преобразования в фундаменте Белого Тигра связаны с разломной тектоникой кайнозоя, обеспечившей проникновение вглубь массива гидротермальных растворов.

Флюидоупорами для скоплений углеводородов в фундаменте Белого Тигра служат аргиллитовые, иногда вулканогенные толщи нижнего и верхнего олигоцена.

По сейсмическим данным на месторождении был выявлен процесс современной дегазация (выделения газа), выраженный на сейсмических материалах в виде сипов

Рассмотрев геологическое строение открытых в настоящее время месторождений южного шельфа Вьетнама, выделяются следующие общие черты их строения, которые можно рассматривать как признаки потенциальной нефтегазоносности фундамента на ещё неразбуренных территориях:

1. Наличие залежей нефти или газа в перекрывающих толщах;
2. Блоковое строение пород фундамента, интенсивное развитие тектонических нарушений и зон разуплотнения. Большинство залежей углеводородов, открытых в породах кристаллического фундамента приурочено к зонам развития разуплотненных трещинных, трещинно-кавернозных и трещинно-каверново-поровых пород-коллекторов;
3. Наличие флюидоупоров в верхней части пород фундамента или в перекрывающей осадочного чехла;
4. Развитие трещинных или трещино-кавернозных коллекторов в породах фундамента;
5. Неотектоническая активность, проявляющаяся в деформированности осадочных пород неоген-четвертичного возраста в виде малоамплитудных антиклиналей и малоам-

плитудных разрывных нарушений;

6. Признаки современной дегазации залежей, проявляющейся в виде структур типа сипов в осадочном обрамлении;

7. Проявления гидротермальных процессов в породах фундамента.

Проведенный сравнительный анализ показал наличие общих существенных признаков нефтегазоносности на шельфах Южного и Северного Вьетнама.

В шельфе Северного Вьетнама выделяется осадочный бассейн – Шонгхонг, в пределах которого открыт ряд месторождений углеводородов (Бао Ванг, Бао Ден и др.). Разрез Шонгхонгского прогиба представлен в основании кристаллическим фундаментом протерозойско-раннепалеозойского возраста: гнейсами, гранитоидами и перекрывающем его осадочным комплексом миоцен-олигоцен-четвертичного возраста.

Так же как и бассейн Кылулонг, характерной особенностью тектонического строения Шонгхонгского бассейна является разбитость его фундамента, имеющего двухчленное строение [4] на отдельные блоки разломами, образовавшимися вследствие геодинамических напряжений.

Региональными флюидоупорами для потенциальных скоплений углеводородов в породах фундамента в пределах Шонгхонгского прогиба могут служить глинистые толщи плиоценового и средне-верхнемиоценового возраста, перекрывающие фундамент.

Шонгхонгский бассейн претерпел все фазы рифтогенеза и последующего сжатия, связанного с движением литосферных плит. В настоящее время, так же как и бассейн Кылулонг он также находится в тектонически активной фазе и на его акватории наблюдаются процессы дегазации, что отчетливо видно на сейсмических разрезах.

Таким образом, наблюдаются, отмеченные ранее рядом авторов [5] общие существенные признаки нефтегазоносности на шельфах Южного и Северного Вьетнама, что позволяет с определенной долей вероятности прогнозировать перспективность фундамента шельфа Северного Вьетнама.

Литература

1. В.П. Гаврилов, В.Л. Гулев, Ф.А.Киреев, В.В. Донцов, В.И. Соколов Гранитоидные коллекторы и нефтегазоносность южного шельфа Вьетнама. М.: ООО «Издательский дом Недра», 2010 г. 294 с.

2. Богоявленский В.И., Дзюбло А.Д., Иванов А.Н., Богоявленский И.В., Никонов Р.А. - Нефтегазоносность кристаллического фундамента шельфа Вьетнама: Белый Тигр и Дракон, Журнал «Геология нефти и газа» №5, 2016г. С.102-115.

3. Гаврилов В.П., Дзюбло А.Д., Пospelов В.В., Шнип О.А. – Геология и нефтегазоносность фундамента шельфа Южного Вьетнама. // Журнал «Геология нефти и газа» №4, 1995.

4. Леонова Е.А. Геология и нефтегазоносность Шонгхонгского прогиба (Северный шельф Вьетнама). XXI Губкинские чтения «Фундаментальный базис и инновационные технологии поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа», 24-25 марта 2016 г. Стр.159-162.

5. Шнип О.А. Состав и нефтегазоносность фундамента шельфа Северного и Центрального Вьетнама. // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. и.м. Губкина №1, 2012 г. Стр. 53-55.

К ВОПРОСУ О ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Никитин А.В.

nikav_1960@mail.ru, Старооскольский филиал МГРИ-РГГРУ, Старый Оскол, Россия

Проблема генезиса нефти в природе имеет не только научно-теоретический интерес, но и первостепенное практическое значение.

В решении проблемы происхождения нефти и природных газов преобладают два основных направления: *неорганическое и органическое*. Основные положения неорганической гипотезы намечены еще в девятнадцатом столетии Д. И. Менделеевым и Д. В. Соколовым. В 1877 г. Д.И. Менделеев выдвинул концепцию минерального образования нефти (*карбидная гипотеза*), которая получила широкое распространение, прежде всего благодаря авторитету выдающегося химика, хотя сам автор подчеркивал гипотетичность своей концепции.

Схема органического происхождения нефти своими корнями уходит в глубь столетий, к высказываниям М. В. Ломоносова, который предсказывал «рождение оной бурой материи ... из остатков растений под действием тепла Земли» [1].

В настоящее время большинством ученых и практиков признается органическое происхождение нефти и природного газа, которое опирается на геологические, геохимические и химические доводы.

Распределение нефти и газа по геохронологической шкале зависит от палеогеографических и тектонических условий в то или иное время в пределах какого-то конкретного элемента земной коры. Отмечается отчетливая связь в распределении максимумов месторождений углеводородов с пиками развития органического мира: девонский в палеозое, юрско-меловой в мезозое и неогеновый в кайнозое. Наиболее крупные скопления углеводородов связаны с мезозоем.

В конце 60-х годов 20 века в решении проблемы генезиса нефти была создана концепция о главных фазах нефте- и газообразования, и в целом теория стадийности нефтегазообразования. Нефтегазообразование тесно связано с определенными стадиями эволюции осадочного бассейна. Однако если проблему исходного вещества для нефти и газа можно считать решенной на определенном уровне, то проблема механизма нефтегазообразования, являющаяся ключевой, требует уточнения.

Согласно концепции новой глобальной тектоники в развитии литосферы выделяется следующий ряд геодинамических обстановок: 1) горячих точек (мантийных плюмажей); 2) континентальных рифтов и связанных с их эволюцией пострифтовых осадочных бассейнов – внутриконтинентальных впадин (синеклиз); 3) океанических рифтов (срединно-океанических хребтов) и связанных с их эволюцией абиссальных котловин, подножий континентов и пассивных континентальных окраин; 4) субдукционных островодужных систем и активных континентальных окраин; 5) коллизионных поясов; 6) зон трансформных разломов (границ скольжения литосферных плит) [2].

Эволюция внутриконтинентальных рифтов может идти по двум сценариям: развитие межконтинентальных рифтов с перерастанием их в океанический спрединг, или затухание процесса раскрытия рифта с формированием надрифтовых осадочных бассейнов (синеклиз) с грабенообразными впадинами – авлакогенами (“засыпанными рифтами”) в основании.

Оба варианта благоприятны для формирования углеводородов. В первом случае формируются пассивные окраины. Осадконакопление здесь осуществляется в условиях шельфа, континентального склона и континентального подножия. Зона континентального шельфа – наиболее благоприятное место для накопления биокластических (карбонатных, кремнистых, фосфатных) отложений и продуктов перемыва континентальных образований от конгломератов до глин. Зона континентального склона представляет собой область преимущественного развития процессов подводной эрозии. В строении континентального

подножия преобладают флишевые толщи, принесенные суспензионными потоками с континента по подводным каньонам, и нередко существенно обогащенные органическим веществом. Мощности, достигающие 10-15 км, связаны с подводными конусами выноса.

В основании разрезов шельфовых бассейнов обычно сохраняются сооружения континентальных рифтов предшествующего этапа развития.

Так например, большинство месторождений осадочных бассейнов Атлантической и Индийской континентальных окраин имеет двухъярусное строение, причем чаще всего скопления углеводородов приурочены к нижнему рифтогенному структурному этажу нефтегазоносности, хотя известны и в верхнем, поздне меловом – кайнозойском, комплексе осадков. В Атлантическом океане к числу таких осадочных бассейнов относятся бассейны Северного моря; западного шельфа Африки; восточного побережья Северной Америки; и шельфа Атлантической окраины Южной Америки. Огромные ресурсы углеводородов расположены на арктическом континентальном шельфе России.

В том случае если континентальный рифтогенез затухает и не развивается в спрединг, на месте рифтовой системы формируется осадочный бассейн в верхней части разреза представленный обширными синеклизами, в составе которых присутствуют осадки накопившиеся в изолированных бассейнах, с большим количеством органического вещества, которые могут быть родоначальными для месторождений нефти и газа.

В основании Англо-Парижского бассейна очаг нефтеобразования пространственно располагается в пределах тройного сочленения пермских рифтов.

Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн сложен отложениями палеозоя, мезозоя, кайнозоя мощностью до 10 км. В бассейне различается два структурных этажа, отвечающих основным стадиям его формирования. Нижний представляет собой систему ветвящихся грабенов, заполненных терригенно-эвапоритовой и угленосной тощей перми, триаса и нижней юры мощностью до нескольких километров. Наиболее протяженными грабеновой (рифтовой) системой является Колтогор-Уренгойская, в которой сконцентрировано большинство нефтяных месторождений.

Прикаспийский нефтегазоносный бассейн представляет одну из крупнейших на планете впадин (синеклиз) с гигантскими запасами углеводородов, в наиболее погруженной части которой мощность осадочных образований, превышает 20 км и породы палеозоя лежат непосредственно на «базальтовом» слое земной коры. Зона отсутствия «гранитного» слоя в плане имеет форму, напоминающую систему тройного сочленения.

По данным [3] от 70 до 80—95% потенциальных и установленных запасов нефти и газа относится к прогибам, имеющим так или иначе рифтовую или надрифтовую природу.

Суммируя все сказанное, можно утверждать, что нефть и газ во внутриплатформенных осадочных бассейнах формируются в результате погружения и катагенетического преобразования пород и рассеянного в них органического вещества.

Наиболее благоприятными условиями для нефтегазообразования являются надрифтогенные обстановки с высокими значениями тепловых потоков, осуществляющих тепломассоперенос из недр к поверхности Земли.

Литература

1. Геология и геохимия нефти и газа/ О.К.Баженова, Ю.К.Бурлин, Б.А.Соколов и др.- М.: Изд-во МГУ, 2000. -384с.
2. Ненахов В.М. Введение в геодинамику (учебное пособие для вузов) / В.М. Ненахов, А.В. Никитин, С.В. Бондаренко, Г.С.Золотарёва. - Воронеж, Изд-во Воронежск. Ун-та, 2007. - 63с.
3. Мусатов Д.И., Межеловский Н.В. Значения рифтогенных структур для формирования нефтегазоносных бассейнов и месторождений (с позиций гипотезы глубинных газов Земли). Обзор. Общая и региональная геология, геологическое картирование, М.: Изд-е ВНИИОЭНГ МГ СССР, 1982.

КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПАЛЕОЗОЙСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Окнова Н.С., Отмас А.А.

Oknovan@mail.ru, AAOtmas@yandex.ru, Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (АО «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия

В Тимано-Печорской провинции выделены три основных нефтегазоносных карбонатных комплекса: ордовикско-нижнедевонский, доманиково-турнейский и визейско-нижнепермский. Для прогноза нефтегазопоисков необходимо знать, каковы коллекторские свойства отложений этих комплексов, а для этого нужно оценить пористость и проницаемость отложений. Поэтому были составлены карты пористости и проницаемости отложений ордовикско-нижнедевонского, доманиково-турнейского и визейско-нижнепермского комплексов Тимано-Печорской провинции, согласно монографии 2010 года [1]. Запасы нефти в комплексах примерно одинаковы, около 20%, а запасы газов в нижних комплексах равны примерно 8%, а в визейско-нижнепермском комплексе 55% [4].

Ордовикско-нижнедевонский карбонатный комплекс. Этот комплекс встречен в Хорейверской впадине и Варандей-Адзъвинском авлакогене. В южной части Тимано-Печорской провинции ордовикско-нижнедевонский комплекс встречен только в Западно-Тэбукском месторождении в силурийских отложениях, в веянской свите, где открытая пористость равна 12%, коллекторы высокочемки. Возможно, силурийские отложения есть и на других участках южной части провинции. В Хорейверской впадине развиты в основном ордовикско-силурийские отложения, а в Варандей-Адзъвинской зоне – нижнедевонские. Фильтрационно-емкостные свойства отложений ордовика выявлены только в Среднемакаринском месторождении, где они обладают открытой пористостью 2,8% и проницаемостью 3 мД, что характерно для коллекторов с низкими коллекторскими свойствами. В силурийских отложениях Хорейверской впадины встречаются биостромы, сложенные кораллово-строматопоровыми доломитами. Этот подкомплекс встречен в месторождениях им. Р. Требса и им. А. Титова на северо-востоке впадины, которые приурочены к обширной зоне выклинивания силурийских и нижнедевонских отложений. На карте месторождение имеет открытую пористость 12%, проницаемость 300 мД, а в Колвинском месторождении пористость равна 12,5%. В шлифах силурийские отложения впадины показаны в Верхневозейском месторождении. Это каверно-поровые коллекторы, с хорошими коллекторскими свойствами примерно 8-12%.

В Варандей-Адзъвинском авлакогене лохковский карбонатный ярус состоит из овинпармского и сотчемкыртинского горизонтов, а последний горизонт разделяется на терригенно-карбонатную и ангидрит-доломитовую пачки [2]. Нижняя пачка начинается с мергелей пятнистых, с детритом, раковин остракод с пористостью до 6% и проницаемостью 0,02 мД. В ангидрит-доломитовой пачке наблюдается постепенный переход от ангидрита в нижней части пачки к доломиту тонкозернистому – в верхней. В шлифах в отложениях Медынско-Сарембойского вала наблюдаются в терригенно-карбонатной пачке известняки остракодовые, доломит с полостями отмерших водорослей, а в ангидрит-доломитовой пачке слоистая ангидрит-доломитовая порода, которая могла быть локальной покрывкой для залежей углеводородов.

Доманиково-турнейский карбонатный комплекс. В этом комплексе выделены до 7 барьерных рифовых построек, где отмечаются рифы доманиковых, верхнефранских и фаменских отложений. Накопление доманиковых отложений происходило в депрессионных обстановках. Обязательными условиями были низкие скорости осадконакопления, обеспечившие породы рассеянным органическим веществом. В отложениях доманика описаны 11 месторождений, в западной части провинции открытая пористость которых составляет 13-15%, а проницаемость до 476 мД. К наиболее крупным залежам в доманикитах относится залежь нефти и газа на Баганском месторождении [1], где открытая пористость составляет

9%, проницаемость 15 мД. Верхнефранский подъярус представлен сирачойским, евлановским и ливенским горизонтами. Иногда рифовые отложения входят в состав единых нерасчлененных тел сирачойско-евлановско-ливенского возраста (например, Пашшорское месторождение). Открытая пористость коллекторов рифогенных отложений составляет обычно 12%, до 17% на юге. На севере фильтрационно-емкостные свойства 9-11% ниже, чем на юге, но покрышка на севере более высокого качества, более 15 Мпа (мегапаскалей). В шлифах отложения Средне-Харьягинского месторождения доманиково-турнейского комплекса сложены известняками строматолитовыми с многочисленными вторичными порами выщелачивания, водорослевыми известняками (сине-зеленые водоросли, ринальцис).

Визейско-нижнепермский карбонатный комплекс. Рифы этого комплекса отличаются от девонских тем, что они представляли не протяженные барьерные уступы, а цепочки массивов по границе мелководного и относительно глубоководного шельфов. В целом открытая пористость визейско-нижнепермских рифов выше, чем пористость нижележащих коллекторов, достигая 21-22%, в то время, как в нижележащих комплексах пористость составляет 12-17%. Это связано с тем, что визейско-нижнепермские отложения залегают на более высоком интервале глубин, а также тем, что в этом комплексе больше фаунистических остатков. В южной части провинции открыто уникальное месторождение Вуктыл, где карбонатный коллектор порово-трещинного типа, открытая пористость 6-13%, проницаемость до 236 мД. В месторождении Россоха пористость составляет 12%, а на Анельском месторождении 10%, т.е. на тектонической пластине в основном высокопоровые коллекторы, ближе к Уралу среднепоровые, а еще восточнее – не коллекторы. В северной части провинции, в Печоро-Колвинском авлакогене залегают месторождения, открытая пористость которых достигает 21% в Хыльчюуском месторождении. В шлифах Усинского месторождения видны водорослевые, мшанковые, фораминиферовые доломиты и известняки, с открытой пористостью до 20% и проницаемостью до 110 мД.

Выполненные исследования позволили выделить зоны развития коллекторов с различными характеристиками, описать петрографические особенности продуктивных отложений и выявить районы с улучшенными коллекторскими свойствами и с низкопроницаемыми коллекторами – новыми объектами оценки [3].

Литература

1. Клещев К.А., Шеин В.С. нефтяные и газовые месторождения России. М., ВНИГНИ, т.1, 2010, 832 с.
2. Окнова Н.С., Верзилин Н.Н. Литолого-фациальный анализ ордовикско-нижнедевонских отложений Медынско-Сарембойского вала // Разведка недр, 2010, №4, с. 39-45.
3. Галиева Е.Р., Отмас А.А., Боровинских А.П. Залежи в низкопроницаемых карбонатных коллекторах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, их запасы и прогнозная ресурсная оценка // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. - Т.10. - №4. - http://www.ngtp.ru/rub/4/42_2015.pdf.
4. Прищепа О.М. Методология и практика воспроизводства запасов нефти и газа (Северо-Западный регион) в современных условиях. СПб, Недра, 2005, 492 с.

УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ В УГЛЯХ ДОНБАССА И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ СОСТАВА В ПРОЦЕССЕ МЕТАМОРФИЗМА

¹Стукалова И.Е., ²Лебедев В.С., ³Иванова А.В., ³Зайцева Л.Б.

¹stukalova@ginras.ru, Геологический институт РАН, Москва, Россия;

²Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия;

³Институт геологических наук Академии наук Украины, Киев, Украина

В настоящее время решение многих энергетических проблем не возможно без использования углеводородного сырья. Основными источниками энергии в мире являются уголь, нефть и газ, прогнозные ресурсы оцениваются соответственно в 15 трлн т, 500 млрд т и 400 трлн куб. м, при современном уровне добычи этих разведанных запасов угля хватит на 400 лет, нефти на 42 года и газа на 61 год [Голицын, 2004; Голицын и др., 2015]. Актуальной задачей является поиск новых источников углеводородного сырья, среди которых во многих Европейских странах называется сланцевый газ. В нашей стране и на Украине, с огромными запасами бурых и каменных углей, речь может в первую очередь идти об извлечении углеводородных газов из углей и пластов угля. Помимо свободных газов, в углях присутствуют и сорбированные газы. Извлечение газов из углей и угольных пластов имеет ряд ограничений и связано с множеством проблем, от технических – разработки технологий извлечения газов из углей, до практических – безопасного ведения горных работ.

Роль угля среди традиционных источников энергетических ресурсов в России, на Украине и в мире по оценкам специалистов постепенно должна увеличиваться. Поэтому работы, связанные с исследованием перспектив использования угольных ресурсов, а особенно новые методы технологической переработки твердых горючих полезных ископаемых, в частности извлечение из угля жидких и газообразных веществ, весьма перспективны и необходимы.

Уголь высокого качества можно использовать не только как энергетическое сырье, но и для химической переработки, газификации или непосредственной добычи метана угольных пластов. Наибольший интерес всегда представляли каменные угли коксующихся марок [Малышев, 2000]. При этом необходимо продолжать изучение химического состава и определение количества и состава газов в угле – метана и его тяжелых гомологов, соотношение которых в углях различных марок, как показали экспериментальные работы, отличается друг от друга [Лебедев, Стукалова, 2013].

В результате исследований был установлен состав и определено содержание остаточных углеводородных газов в углях различных марок. Установлено соотношение легких и тяжелых углеводородов, которые относятся к разряду сорбированных и могут извлекаться из углей при дополнительных нагрузках температуры и давления. Для выделения и определения состава углеводородных газов был использован метод термической дегазации при нагревании до температуры 200°C (фракция 0,25-0,5 мм) в атмосфере инертного газа. Содержание сорбированных углеводородных газов в углях различных марок (от Д до А) варьирует в широких пределах и наиболее высокие содержания остаточных углеводородных газов установлены в углях марок Ж и К (от 10 до 70 см³/кг). В исследованных углях Донбасса установлено существенное превышение содержания тяжелых углеводородов (С2-С6) над более легким метаном (СН₄), за исключением антрацитов. По углеводородному составу ОУВ существенно отличаются от свободных газов угольных пластов.

Понимание процесса выделения из углей различных углеводородных газов имеет большое научное и практическое значение, так как напрямую связано с решением задач безопасного ведения всех видов горных работ: открытых, в карьерах при продолжительной их эксплуатации; и особенно – закрытых, при шахтной выемке углеводородного сырья с глубоких горизонтов добычи. В настоящей работе особое внимание обращается на сорбированные газы, состав и количество которых зависит от многих причин: петрографического состава углей, микроструктуры углей, микропористости и степени их катагенетического преобразования.

Исследования петрографического состава и степени метаморфизма углей глубоких горизонтов Донбасса весьма актуальны в настоящее время в связи с проблемами необходимости повышения добычи углей, освоения газовых ресурсов региона, а также безопасного ведения горных работ. Петрографический состав и степень метаморфизма углей глубоких горизонтов Донбасса детально был определен в образцах из шахты им. А.Ф. Засядько Донецко-Макеевского района по методике ВСЕГЕИ и ГИН РАН.

Донецкий бассейн является основным угледобывающим бассейном Украины. Почти 100 лет ведутся там геологоразведочные и горные работы. В 70-е годы прошлого века шахтами комбинатов Луганскуголь, Донбассантрацит и Ростовуголь добывалось 40,5 млн. т угля в год. Работало более 200 шахт, которыми добывалось в год 19,9 млн. т коксующихся углей.

Уже тогда были построены прогнозные карты угленосности и газоносности этого региона и указаны перспективные участки для добычи попутного газа метана. При исследованиях неоднократно подчеркивалось, что существуют участки различного по сложности тектонического строения, особенно это проявляется на глубоких горизонтах (600-1400 м). Складчатость каменноугольных отложений, достигающих мощности в 12 км, осложнена многочисленными дизъюнктивными нарушениями, среди которых наблюдаются надвиговые структуры [Терентьев, 1978]. Однако в Донбассе трудности в наращивании мощностей шахт в значительной степени объясняются сложными горно-геологическими условиями освоения угленосных площадей, вытекающими из сложного характера их тектонического строения. Вследствие влияния тектонического и эрозийного факторов, при ведущем значении первого, угленосность территории характеризуется, во-первых, значительно меньшей абсолютной величиной и, во-вторых, чрезвычайной мозаичностью значений углеплотности. Так, например, рассчитанная по суммарному рабочему пласту плотность запасов в недрах наиболее первоначально угленасыщенного Алмазно-Марьевского района составляет около 22 млн. тонн на квадратный километр. Фактическая же плотность изменяется от 10-12 млн. т до нуля, в зависимости от того, какая часть разреза угленосных свит сохранилась от эрозии в той или иной тектонической структуре. К тому же часто и оставшиеся запасы бывают непригодными к разработке из-за интенсивной нарушенности разрывами и мелкими складками [Терентьев, 1978].

Для оценки степени сложности тектонического строения шахтных полей Е.В. Терентьевым предлагалась их типизация с выделением четырех типов: простые, средней сложности тектонического строения, сложные и очень сложные [Терентьев, 1978]. Распределение выделенных типов шахтных полей на исследуемой территории не является случайным, степень сложности их тектонического строения зависит от приуроченности к той или иной тектонической структуре и от геологической истории формирования данной структуры, определяемой нахождением последней в определенной структурно-тектонической зоне бассейна.

Литература

1. Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.В. Альтернативные энергоносители. М., Наука, 2004. 159 с.
2. Голицын М.В., Вялов В.И., Богомолов А.Х., Пронина Н.В. и др. Перспективы развития технологического использования углей в России. Новые идеи в геологии нефти и газа. Георесурсы, 2015. С.5-15
3. Лебедев В.С., Стукалова И.Е. Остаточные газы в бурых углях. Геология и разведка, М., Известия ВУЗов, 2013. С
4. Малышев Ю.Н., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментально прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов., М., Из-во академии горных наук, 2000, 519 с.
5. Терентьев Е.В. Палеотектонические реконструкции на геологических разрезах как метод анализа истории формирования структур и тектонических движений // Тектоника угольных бассейнов и месторождений СССР. М. «Недра», 1978, С.185-205.

ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА ПУТЕМ УЧЕТА КАНАЛОВ НИЗКОГО ФИЛЬТРАЦИОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНДИКАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Хозяинов М.С., Чернокожев Д.А., Кузнецова К.И., Кузнецов М.И.
mkhoz@mail.ru, Университет «Дубна», ООО «МАНТСГЕО»,
Дубна, Россия

При составлении постоянно-действующих геолого-технологических моделей нефтяного пласта для оценки проницаемости используются, в основном, данные исследований керна и ГИС. При этом части высокопроницаемого керна, как правило, разрушаются. В подавляющем большинстве проницаемость, которая закладывается в компьютерные модели, определяется при помощи ГИС, более того, определяется не прямыми, а косвенными методами — через связь между пористостью и проницаемостью. Кроме того, выделенные по ГИС высокопроницаемые пропластки усредняются по разрезу.

В результате построенная гидродинамическая модель лишена высокопроницаемой части. Это приводит к существенным расхождениям между проектными и фактическими показателями добычи флюида. Результаты индикаторных (трассерных) исследований позволяют оценить реальные параметры каналов низкого фильтрационного сопротивления в процессе разработки месторождения. По времени поступления порций меченой жидкости в окружающие добывающие скважины можно оценить проницаемость пропластка, по концентрации меченой жидкости в добытой воде — его производительность. В совокупности полученная информация позволяет оценивать объем пропластка и количество переносимой по нему закачиваемой воды.

Авторами было проведено моделирование разработки нефтяного пласта на однородной модели без учета каналов низкого фильтрационного сопротивления (высокопроводящей части) и на той же модели, в которую был добавлен высокопроводящий канал. Так, если в модель добавить один пропласток объемом 0,05% от общего порового объема нефтяного пласта с проницаемостью в 10 раз выше средней, то по нему будет переноситься закачиваемой воды на 5% больше, чем без пропластка, а если объем пропластка будет составлять 0,5%, то по нему дополнительно будет переноситься уже 30%. Это показывает, как велико значение каналов низкого фильтрационного сопротивления для правильного расчета проектных показателей разработки.

Справедливо отметить, что для некоторых месторождений влияние высокопроницаемых коллекторов на выработку остаточных запасов незначительно, и ими можно пренебречь. Это также можно определить по результатам индикаторных исследований. Для ряда залежей учет аномально высокой проводимости должен являться основополагающим, поскольку пренебрежение этими свойствами горных пород может только способствовать образованию новых и увеличению существующих каналов низкого фильтрационного сопротивления и, как следствие, уменьшению коэффициента извлечения нефти и необоснованным экономическим потерям.

Предложенная авторами методика адаптации гидродинамической модели заключается в проведении индикаторных (трассерных) исследований и определении по результатам анализа наличия и параметров каналов низкого фильтрационного сопротивления: их проницаемости и производительности. По данным ГИС определяется положение выявленных высокопроводящих пропластков. Разработаны методические приемы привязки выявленных по индикаторным данным каналов низкого фильтрационного сопротивления к разрезу скважина по данным стандартного каротажа. Выявленные пропластки добавляются в модель и проводят моделирование разработки месторождения. Используются любые стандартные симуляторы. Результаты моделирования сравниваются с фактическими результатами разработки. Если результаты расчета отличаются от фактических, корректируют параметры добавленных пропластков и повторяют расчет.

Было проведено опробование предложенной методики. В качестве объекта исследований выбрано одно месторождение Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа. Промышленная нефтеносность месторождения связана с отложениями наунакской свиты, верхней юры – пластом ЮВ1. Промышленная эксплуатация осуществляется с 2000 года. В соответствии с классификацией запасов нефти месторождение по величине извлекаемых запасов относится к средним. Определение фильтрационных параметров высокопроницаемых областей исследуемого пласта проводилось на основе результатов интерпретации индикаторных исследований 24 участков. В результате эксперимента на месторождении было задействовано 80% действующего нагнетательного фонда скважин (24 скважины) и 83% действующего добывающего фонда скважин (72 скважины). Для обеспечения исследований были использованы 7 различных индикаторов: уранин-А, эозин-Н, родамин-С, тринатрийфосфат, роданистый аммоний, карбамид и нитрат аммония. Длительность исследований (отбора проб) составила от 80 до 100 суток. В среднем с устья каждой контрольной добывающей скважины было отобрано и проанализировано порядка 60-70 проб.

Чтобы комплексно оценить фильтрационную неоднородность высокопроводящей области пласта Ю1, для каждой пары исследуемых нагнетательной и добывающей скважин были рассчитаны количество вынесенного индикатора и скорость его поступления. Затем вычислены объемы и производительности каналов низкого фильтрационного сопротивления. Далее построены следующие рассчитанные карты для области НФС: карта изопакит карта проницаемости и карта гидропроводности.

Как показали результаты интерпретации индикаторных исследований, в пласте существуют «проблемные зоны», гидропроводность которых сверхвысокая относительно основной матрицы породы и, более того, имеют достаточно большой объем сверхпроводящих среды. Объем переносимой воды по высокопроницаемым путям фильтрации достигал 25% и выше. Возможно, что на данном месторождении наличие каналов низкого фильтрационного сопротивления связано с массовым проведением гидроразрыва пласта.

Анализ фактических и проектных показателей добычи нефти и воды показал, что они существенно различаются. Авторы предположили, что используемая гидродинамическая модель не учитывает высокие скорости фильтрации флюидов и объемы переносимой воды по каналам низкого фильтрационного сопротивления. Было проведено компьютерное моделирование фильтрации воды и нефти в пласте Ю1 с помощью гидродинамического симулятора Eclipse на 3-х, адаптированных в разное время, фильтрационных моделях: адаптированной к началу проведения индикаторных исследований; адаптированной через 1 год после проведения индикаторных исследований (результаты представленных индикаторных исследований не были учтены в модели); адаптированной через 2 года после проведения индикаторных исследований (результаты представленных индикаторных исследований не были учтены в модели). Результаты показали, что при совпадении расчетных и фактических показателей разработки для месторождения в целом, отсутствовала сходимость показателей для выявленных «проблемных зон». Авторами была сделана адаптация «проблемных зон» модели по результатам индикаторных исследований и модельные показатели разработки совпали с фактическими данными (в частности, по обводненности добываемой продукции) с высокой достоверностью.

Результаты модельных расчетов на адаптированной по индикаторным данным модели (в частности, по обводненности добываемой продукции) совпали с фактическими данными с высокой достоверностью. Этот пример показывает важность учета высокопроницаемой части пласта для построения корректных гидродинамических моделей и эффективность предлагаемой методики корректирования используемых моделей по результатам индикаторных исследований.

ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА КЕРНА НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН ПО ДАННЫМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ

Хозяинов М.С., Кожевников Д.А., Якушина О.А.

mkhoz@mail.ru; yak_oa@mail.ru; Университет «Дубна», Дубна, Россия

Системное использование неразрушающего метода рентгеновской томографии (РТ, КТ) для изучения образцов горных пород и руд, началось в нашей стране в 1990-х годах, и в это же время годы крупные зарубежные нефтяные компании начали использовать томографию как рутинный денситометрический метод для сканирования керна горных пород. Рентгеновская томография все шире применяется в лабораторных петрофизических исследованиях [4, 6]: чувствительность РТ к локальным неоднородностям в десятки раз больше, чем рентгенографии (радиографии), поскольку обычные рентгеновские изображения отражают проекционное наложение сложных структур, т.е. суммарную рентгеновскую тень. Высокое пространственное разрешение обеспечивают микрофокусные рентгеновские трубки разных серий, что подчеркивают в названии «микро» μ СТ или High-resolution X-ray CT.

Накопленный за годы исследований опыт позволил решить ряд исследовательских задач [4], однако горные породы, руды и минералы оказались более сложным объектом для метода РТ, чем предполагали вначале. Причины этого как в физической природе явления (используется не монохроматическое излучение), конструкции приборов, так и в генетической природе минерального вещества. Тем не менее, в настоящее время ряд отечественных исследовательских групп (МГУ им. М.В. Ломоносова, РГУНГ им. И.М. Губкина, Казанский НИТУ, Почвенный и Палеонтологический институты РАН, ОИЯИ, ОАО Лукойл, ОАО Тверьгефизика и др.) развивают это направление [2-4]. Основное внимание уделяется определению пористости (общей, открытой, закрытой), в т. ч. горных пород.

Рентгеновская томография позволяет выявлять характерные участки керна без вскрытия для отбора их последующие традиционные исследования, применяется для паспортизации и цифровой архивизации керна, визуализации неоднородностей, пористости, трещиноватости, кавернозности. При интерпретации внутренней неоднородности по томографическим изображениям исследователи, как правило, используют шкалу Хаунсфилда (HU) и привязываются (заверяются) с данными электронной микроскопии и электронно-зондового микроанализа. Наша группа предлагает использовать при РТ анализе образец сравнения (алюминиевая проволока заданного сечения, т.к. плотность алюминия близка плотности породообразующих минералов горных пород – силикатов и алюмосиликатов), что позволяет изучать объекты в широком диапазоне плотностей и позволяет сопоставлять данные измерений, проведенные в разное время и при разных условиях эксперимента.

Применительно к изучению керна нефтяных пород можно сформулировать несколько направлений применения метода рентгеновской томографии, работы по которым находятся в разных стадиях. Перечислим эти направления.

- Проведение томографии полноразмерного керна для выделения наиболее представительных его участков для последующего изучения традиционными методами.
- Проведение томографического анализа полноразмерного керна для количественной оценки его трещиноватости, пористости, минерального состава породы.
- Микротомографический анализ специально подготовленных образцов керна для количественного определения параметров породы, пористости, трещиноватости, минерального состава. Изучение динамически меняющихся параметров керна в процессе вытеснения нефти водой и другими флюидами при различных термобарических условиях.

Первое из перечисленных направлений уже реализуется, остальные находятся на стадии постановки задачи. Сформулируем основные требования к РТ приборам по задачам:

1. Для анализа общих характеристик полноразмерного керна: размеры рабочего поля томографа диаметром не менее 10-13 см и длиной от 50 см; возможность съемки керна материала в рентгенопрозрачном контейнере; производительность, позволяющая проводить документирование и паспортизацию керна массово, «на потоке».

2. Для анализа количественных характеристик на уровне микроструктуры (поровое пространство, минеральный состав): микрофокусный источник рентгеновского излучения; рабочее напряжение рентгеновской трубки обеспечивающее среднюю энергию нефилтрованного излучения, достаточную для просвечивания минерального вещества керна при преобладании явления фотоэффекта (порядка 100 – 150 кэВ.); высокое пространственное разрешение, (<5-10 мкм, желательно <1 мкм); рабочее поле – съемка сечений от 5 см, т.к. для определения геометрии пустот и характеристик порового пространства (особенно трещиноватости) надо исследовать относительно протяженные участки керна – желательно порядка 5 см, минимум 3 см при возможности, определять размеры сечений микропор и раскрытия трещин до 1 мкм (и менее), как показывает практика исследований, желательно не меньше 25 мм [1] и определять размеры сечений микропор и раскрытия трещин более 25 мм, желательно до 1 мкм; в пределе все эти условия должны быть применимы для полноразмерного керна.

3. При проведении моделирования на керне при различных термобарических условиях: все требования по пункту 2, дополненные возможностью размещения при съемке в рабочем поле дополнительного оборудования (приставок и камер) для моделирования термобарических условий в пласте, в т.ч. возможность насыщения образцов керна флюидами, рентгеноконтрастными веществами в процессе РТ анализа.

Считаем, что важную роль в успешном развитии рентгеновской томографии для нужд нефтяной отрасли будут играть совершенствование как самих томографов (с учетом специфики геологических задач) и разработка специального программного обеспечения для томограмм керна, поскольку сейчас обработка томограмм проводится по программам AvizoFire, ImageJ, Ocorpus для обработки любых 3D изображений, т.е. общего назначения.

Совместно с сотрудниками ОИЯИ (Дубна) ведутся работы по совершенствованию сенсорной системы (детектора) рентгеновского микротомографа MARS, рабочее поле которого позволяет исследовать полноразмерный керн: допустимый максимальный размер образца диаметр до 10 см, длина до 28 см; и, важно, что исследуемый образец неподвижен, а вращается система источник–детектор, что позволяет проводить моделирование фильтрации флюида через образец при различных термобарических условиях. Разрабатываемый детектор на основе арсенида галлия (а не кремния) повышает эффективность измерений, а система детектирования делает возможным проводить определение энергии регистрируемого кванта. Поскольку в гибридных матричных детекторах на основе монокристалла полупроводника есть возможность счета отдельных фотонов, это делает возможным определять энергию отдельных фотонов, т.е. определять элементный состав исследуемого РТ объекта (вещества).

Дальнейшее успешное применение РТ связывается как совершенствование аппаратной базы, так и специализированное программное обеспечение, совмещенное с прибором: т.е. конструирование рентгеновских томографов, позволяющих получать пространственном разрешении на уровне микрометров, которые могут быть оборудованы специальной камерой для термобарического моделирования.

Литература

1. Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. В 2-х кн. М.: РГГУ, 1999. 285 с.
2. Герке К.М., Корост Д.В., Васильев Р.В. и др. Изучение строения и определение проницаемости материалов на основе данных рентгеновской микротомографии (на примере пористой керамики) // Неорганические материалы. 2015. Т. 51. № 9. С. 1032.
3. Скворцова Е.Б. и др. Tomography in Soil Science // Бюлл. Почв. Ин-т. 2016. Т. 86. С. 28-34.
4. Хозяинов М.С., Якушина О.А. Анализ возможностей рентгеновской томографии для петрофизических исследований керна нефтегазовых скважин // Каротажник. 2014. №2. С. 107-121.
5. Akin S., Kovscek A.R. Computed tomography in petroleum engineering research / Special Publication, Geological Society, London, 2003. Vol. 215. PP. 23–38.
6. Van Geet M., Lagrou D., Swennen R. Porosity measurements of sedimentary rocks by means of microfocus XCT/ Special Publ., Geological Society, London, 2003. Vol. 215. PP. 51-60.

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Горюнов Е.Ю., Узембаева З.И.

Еуugoryunov@vandex.ru, uzembaevaz@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

На сегодняшний день промышленная нефтегазоносность пород кристаллического фундамента установлена определенно и достоверно. Месторождения нефти и газа в образованиях фундамента открыты на всех континентах. Всего в мире в образованиях фундамента насчитывают порядка 450 месторождений нефти и газа, в том числе таких крупных как Белый Тигр во Вьетнаме, Ла-Пас и Мара в Венесуэле, Пентхендл в США.

Западно-Сибирская нефтегазоносная мегапровинция является одной из крупнейших в мире по ресурсам углеводородного сырья. Преобладающая часть запасов сосредоточена в осадочном чехле, однако и в породах фундамента выявлено значительное число месторождений. Всего в фундаменте Западной Сибири на сегодня известно более 200 месторождений и скоплений углеводородов. Петрографическая приуроченность скоплений углеводородов в Западной-Сибири разнообразная: залежи встречены как в эффузивных, интрузивных так и метаморфических породах. Причем далеко не все залежи приурочены к корам выветривания, некоторые из них расположены значительно глубже кровли фундамента. Дебиты нефти из пород фундамента варьируют от нескольких м³/сут, до первых сотен м³/сут. По данным К. А. Клещева, В.С. Шеина, самые большие дебиты нефти из фундамента выявлены на Ханты-Мансийском месторождении и достигают 1000 м³/сут (табл.1).

Название месторождения	Коллектор, возраст, глубина залегания	Нефтегазоносность
Ловинское (1973), Н	Базальты, кристаллические известняки	Дебит нефти из КПФ и юрских отложений 69 м ³ /сут, с глубины 2159-2185 м
Малоичское (1974), Н	Основные эффузивы и доломитизированные известняки	Дебит нефти 412 м ³ /сут
Нижнетатаганское (1973), Н	Карбонатная кристаллическая толща на глубине 2995-3090 м	Дебиты нефти 22-150 м ³ /сут, газа - 41 м ³ /сут
Пальяновское (1972), Н	Кристаллические сланцы	Дебит нефти из КПФ и юрских отложений 144-172 м ³ /сут
Трехозерное (1960), Н	Порфириты, метаморфизованные сланцы на глубине 1439-1543 м	Дебит нефти 1,47-152 м ³ /сут
Фестивальное (1971), Н	Серпентиниты	Дебит нефти из КПФ и юрских отложений 43 м ³ /сут

Проблема нефтегазоносности фундамента Западной Сибири имеет несколько аспектов, важнейшими из которых являются: генезис углеводородов, процессы их миграции; процессы формирования коллекторов в породах фундамента; формирование ловушек, их типизация и поисковые признаки; тектонический и геодинамический контроль месторождений в породах фундамента. Решению этих проблем посвящены работы многих исследователей – К.А. Клещёва, В.С. Шеина, Н.П. Запывалова, Г.Д. Исаева, В.Л. Шустера, В.Б. Левянта и многих других.

Для выяснения вопросов геотектонического положения изучаемых месторождений, авторами проведён комплексный анализ геолого-геофизической информации на

основе созданного геоинформационного проекта Западной Сибири, содержащего следующие слои:

- Нефтегазоносности с нанесёнными месторождениями в фундаменте;
- Тектонического строения фундамента Западной Сибири с положением выявленных рифтовых систем;
- Карта аномалий магнитного поля;
- Карта плотности пород фундамента, отражающая конфигурацию фундамента океанического типа;
- Карта бороносности пластовых вод;
- Карта гидрохимических типов пластовых вод;
- Цифровую модель современного рельефа и озёрно-речной сети Западной Сибири.

Проведённый анализ показал, что скопления углеводородов в породах фундамента приурочены к погребенным выступам фундамента, разбитым разломам на блоки, которые в свою очередь контролируются рифтовыми системами. Рифтовые системы представлены сетью грабен-рифтов, заложенных в палеозое и продолживших развитие в мезозое-кайнозое.

Указанные месторождения локализованы в зонах развития океанического типа земной коры, выявленным по геофизическим данным.

Районы развития месторождений пространственно совпадают с областями развития инверсионных гидрокарбонатно-натриевых пластовых вод, характеризующихся высокими бор-бромными коэффициентами.

Территории, для которых характерно наличие выявленных признаков, так же перспективны на открытие новых месторождений этого типа в породах фундамента.

Месторождения в породах фундамента были открыты преимущественно случайно при поисках традиционных ловушек в осадочном чехле. Разработка современной методики поисков и разведки месторождений данного типа в настоящее время является чрезвычайно актуальной задачей.

Литература

1. В.П. Гаврилов (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина) Геодинамическая модель нефтегазоносности Западной Сибири.

2. К.А. Клещев, В.С. Шеин Перспективы нефтегазоносности фундамента Западной Сибири Год издания: 2004. Объем: 214 с.

3. Н.П. Запывалов, Г.Д. Исаев Критерии оценки нефтегазоносности палеозойских отложений Западной Сибири «Науки о Земле» 2 июня 2010 г.

ПАЛЕОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Рахимова Е.В., Ермолова Т.Е., Оленева Н.В.

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Девонские бассейны седиментации на юго-востоке Русской плиты представляли собой эпиконтинентальные и архипелаговые моря (1, 2), занимавшие палеовпадины (Прикаспийскую, Бузулукскую, Волго-Сокскую) и склоны палеосводов (Жигулевско-Пугачевского, Токмовского Татарского, Башкирского). Вершины палеосводов, располагавшиеся на западе и северо-западе территории, служили местными источниками сноса терригенного материала. Дальними источниками являлись северные районы Урало-Поволжья, возможно, Тиманского кряжа. Накопление отложений носило циклический характер и соответствовало этапности тектогенеза и эвстатических колебаний уровня моря (3).

В ранневоробьевское время трансгрессия моря осуществлялась с юга и юго-востока в два этапа. На раннем этапе осадконакопление происходило только в южной и западной части Бузулукской палеовпадины, в результате сформировался песчаный пласт ДІV-2. На юго-востоке в это время существовала низменная островная суша. На следующем этапе море продвинулось на запад и север, заняв восточные и южные склоны палеосводов. В результате некоторой стабилизации уровня моря сформировались осадки пласта ДІV-1 (в северных и западных районах Самарской области – пласт ДІV). На большей площади алеврито-песчаные отложения воробьевского горизонта накапливались в обстановке дельтовой платформы (субаквальной части дельты). Наиболее крупная дельта (Ромашкинская) выделена на севере территории. Отложения представлены неясно косослоистыми хорошо сортированными средне-мелкозернистыми кварцевыми песчаниками с крупнозернистой и гравийной примесью в основании. На межрусловых участках распространен лагунный тип отложений – песчаники чередуются с глинистыми алевролитами и аргиллитами. В средней части подводной дельты прослежена цепочка мелких островов (выступов фундамента), вокруг которых концентрируются отложения прибойного типа (песчаники средне-крупнозернистые, гравелиты). В центральной части территории (Самарская Лука) выделено подводное русло ингрессионного типа, по-видимому, приуроченное к грабенообразному прогибу широтного направления, на западе оно сопровождается врезом в породы кристаллического фундамента. Менее крупные, но также далеко выдвинутые в море дельты прослежены на западном склоне Бузулукской палеовпадины. В обрамлении суши ранневоробьевского времени узкими полосами распространены отложения приливно-отливного и прибойного типов. В сторону моря субаквальная часть дельты сменяется склоновой (продельтовой). На востоке рассматриваемой территории отложения продельты переходят преимущественно глинистые отложения нефелоидного шельфового типа, формирующиеся в тиховодной среде за счет гравитационной садки наиболее тонких частиц, достигающих этих удаленных от источников сноса частей бассейна. В поздневоробьевское время на этапе регрессии моря палеосводы с прилегающими к ним склонами объединились в единую материковую сушу, на большей части территории воробьевские отложения были смыты.

В раннеардатовское время началась новая трансгрессия моря, на юге также проходившая в два этапа (пласты ДШ-2 и ДШ-1). Единая ранее суша распалась на ряд островных, вокруг которых на значительной площади формировались отложения приливного и прибойного типов. Сохранили свое положение подводные части дельт. Особенностью раннеардатовского этапа является появление во фронтальной части дельт песчаных отложений барового типа. Бары выделяются как линзовидные песчаные тела, часто расположенные цепочкой и кулисообразно. В более мористой части бассейна на востоке территории песчаники субаквальной дельты сменяются отложениями продельты. На юге и юго-востоке преобладают глинистые отложения нефелоидного шельфового типа.

В пашийское время (пласт ДI) унаследовано сохранялись все основные элементы палеорельефа и соответствующие им типы отложений: дельтовые (подводные аллювиальные, лагунные, баровые, продельтовые), прибойные, нефелоидные шельфовые. Отсутствие приливно-отливных отложений связано с постседиментационным размывом. В отложениях продельты (склона дельты) обильно выражены текстуры оползания, присутствуют прослои конгломерато-брекчий. Зоны склоновых и нефелоидных шельфовых отложений расширились в северо-западном направлении, захватив на завершающем этапе пашийской трансгрессии (пласт ДI¹) большую часть территории. В пределах Самарской Луки стабильно обособляется зона русловых ингрессионных отложений. Они представлены песчаниками кварцевыми разнозернистыми (от грубо- до тонкозернистого) с поровым, местами базальным каолиновым цементом (Зольненская площадь). Зерна кварца разной степени окатанности. В породах наблюдаются акцессорные минералы (циркон, турмалин, ильменит, магнетит и др.), содержание которых в некоторых прослоях достигает 5-7%.

Дальнейшее расширение трансгрессии на раннем этапе тиманского времени привело к накоплению глинисто-известковых осадков. В среднетиманское время произошла новая активизация тектонических движений, в связи с чем усилился привнос в бассейн осадконакопления алевритово-песчаного материала, сформировавшего пласт Д₀ (Дк по самарской индексации). Песчаные отложения дельтовой платформы накапливались в основном к северо-западу и северу от Жигулевской островной суши. В основании пластов песчаников встречается примесь крупнозернистого песчаного материала, маломощные прослои гравелитов, брекчий и конгломератов, полуокатанные обломки аргиллитов, фосфоритовые и сидеритовые гальки (2). На остальной части северо-запада территории накапливались отложения лагунного типа. В центральной части и на северо-востоке рассматриваемой территории широкое распространение получили глинисто-алевритовые отложения продельтового типа. На юге и востоке (примерно на границе Самарской области с Оренбургской и Саратовской) отложения продельтового типа полностью замещаются глинами и аргиллитами нефелоидного шельфового типа.

Таким образом, наблюдается унаследованность обстановок седиментации и генетических типов отложений с воробьевского времени до тиманского с трансгрессивным характером смещения седиментационных зон на северо-запад. К нижним частям циклитов приурочены алевритово-песчаные отложения, сформировавшие основные продуктивные пласты живетских и нижнефранских резервуаров. На последующих стадиях трансгрессивно-регрессивного развития в условиях более глубокого шельфа и стабильного гидродинамического режима формировались карбонатно-глинистые отложения покровышек.

Во время предфаменской регрессии на юго-западе и юге территории возникли зоны отсутствия отложений с разной глубиной размыва (срезания) отложений: на юго-западе размыв коснулся всех отложений, включая воробьевские, на юго-востоке (Рожковский выступ) – только ардаатовско-пашийских.

Литература

1. Гассанова И.Г. Палеогеографические и палеоструктурные предпосылки поисков неантиклинальных ловушек нефти в пашийских и кыновских отложениях Урало-Поволжья. // Тр. ВНИГНИ. М., -1975.-вып.173. с.68-92.
2. Нефтегазоносные и перспективные комплексы центральных и восточных областей Русской платформы. Т. II. Девонские отложения Волго-Уральской нефтегазоносной области. А.И.Ляшенко, С.М.Аронова, И.Г.Гассанова и др. Л.: Недра, 1970. -267 с.
3. Тихомиров С.В. Этапы осадконакопления девона Русской платформы. М.: Недра, 1967. – 268 с.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УВ В КОСЬЮ-РОГОВСКОЙ ВПАДИНЕ

Сбитнева Я.С.

yana.loma4inskaya@yandex.ru, Ухтинский государственный технический университет,
Ухта, Республика Коми, Россия

Косью-Роговская впадина является впадиной Предуральского краевого прогиба. Площадь впадины 30 тыс. км², изученность сейсморазведкой 0,7-0,8 пог. км/км², глубоким бурением 10 м/км². Изученность по степени информативности крайне неравномерная как сейсморазведки, так и бурения. В пределах впадины открыты месторождения углеводородов в разных нефтегазоносных комплексах (НГК), в том числе Интинское, Кожимское, Романьельское газоконденсатные в пермо-карбоне, Падимейское нефтяное в верхнем девоне; установлены интенсивные газопроявления в пермско-каменноугольных (Р-С) карбонатах на Лемвинской структуре (скв. №1), в межсолевых отложениях ордовика на Кочмеской площади (скв №3).

Несмотря на благоприятные структурообразующие факторы и высокий нефтегазогенерационный потенциал (более 500 г. на 1 куб. м. НГМП) крупных открытий до настоящего времени в Косью-Роговской впадине не установлено. Какие основные проблемы поисков новых, в т. ч. крупных месторождений УВ в Косью-Роговской впадине на наш взгляд существуют. Сложное геологическое строение, обусловленное особенностям тектонического развития территории. Коллизионно-субдукционные процессы, зародившиеся в верхнем девоне при столкновении двух континентов: Североамериканско-Европейского и Сибирского, продолжавшиеся вплоть до раннего юрского времени, положили конец спокойному развитию пассивной континентальной окраины Печорской плиты и началу формирования Северопредуральского прогиба и в частности Косью-Роговской впадины.

Наибольшим тектоническим преобразованиям подверглись отложения карбона-верхнейперми, частично в этот процесс были вовлечены и осадочные отложения верхнего девона. Географическая ситуация в ордовикское время была обусловлена наличием широкой мелководно-континентальной равнины, субтропическим климатом, что способствовало образованию солевого бассейна, отложения которого были вскрыты бурением и закартированы сейсморазведкой на ряде площадей в северной части Предуральского прогиба (Кочмеская, Ярвожская, Нерцетинская, Лемвинская и др.).

Как известно – соли это идеальные покрышки и самое главное соли могут компенсировать геостатическое давление вышележащих горных пород и сохранять хорошие фильтрационно-емкостные свойства нижележащих пород даже на больших глубинах. Картирование сейсморазведкой распространение солевых отложений значительно затруднено из-за малого количества скважин их вскрывших, что затрудняет однозначное распознавание геологических образов связанных с этими фациями. Внешняя зона в период трансформных преобразований формировалась под действием двух главных факторов: наличие Большеземельского блокового упора, ограниченного глубинным разломом и динамическим воздействием тангенциальных сил со стороны Урала. Это привело к образованию сложно-построенной шовной тектонической структуры-гряды Чернышева, с широким развитием структурно-тектонических ловушек. Формирование осадочного чехла в ордовике-карбоне в условиях пассивной континентальной окраины восточной части Печорской плиты способствовал развитию рифогенных образований различного типа (барьерных, континентальных, одиночных), которые в свою очередь были подвержены жесткому динамометаморфизму в заключительные стадии уральского орогенеза. Как следствие этого: ухудшение качества первичных коллекторов и покрышек. Зарифовые фации в глубоководно-шельфовых зонах наоборот подвергались образованию вторичной пористости за счет мощного развития аргиллитизации и вторичной тектонической трещиноватости. Благоприятным фактором нефтегазоносности как в целом Предуральского прогиба, так и Косью-Роговской впадины явилось наличие мощных толщ нефтегазоматеринских пород

с высоким содержанием С орг., прошедших главные фазы нефтегазообразования с активным воздействием теплового потока от мантийных процессов в зоне субдукции. Из представленной достаточно схематичной картины возможного формирования месторождений УВ в Косью-Роговской впадине вытекают и основные проблемы геологоразведочных работ.

К ним относятся:

- нет рабочей геологической модели строения и формирования месторождений УВ в различных НГК и структурных зонах;

- сейсморазведка в условиях исключительно сложного строения осадочного чехла во многих случаях при использовании стандартных методов полевых работ и обработке малоэффективна.

- применение более сложных систем полевых наблюдений и обработка сейсморазведочного материала значительно удорожает геологоразведочный процесс;

- выделение коллекторов сложного типа, в т. ч. и трещинных по ГИС неоднозначно и приводит к ошибочным заключениям и пропуску продуктивных пластов.

- петрофизические связи из-за малого количества керна слабообоснованны;

Опробование пластов в открытом стволе зачастую проводят большими интервалами (до 500 и более м.) без полного (многократного) цикла исследований на получение качественных кривых восстановления пластового давления. В ранее пробуренных скважинах практически не применялись методы интенсификации притоков, что чрезвычайно важно в карбонатных отложениях с неоднозначной характеристикой по ГИС и ИП.

Несмотря на высокую прогнозную оценку ресурсов > 3 трлн. куб. м и развитую инфраструктуру:

1. После открытия в 1964 году Вуктыльского месторождения в силу определенных причин работы в Предуральском прогибе проводились эпизодически, а после развала государственной геологической службы (девяностые годы) практически прекратились.

2. В настоящее время ГРП носят «поскутно-лицензионный» характер, что не позволяет систематизировать материал, построить эффективные геолого-геофизические, литолого-фациальные и геохимические модели, уточнить прогнозную оценку ресурсов и обосновать главные направления поиска крупных месторождений газа, которые несомненно здесь имеются.

3. Для ликвидации этого негатива в настоящее время проводятся НИР, в ходе которых будут решены следующие три блока задач:

- обобщение и анализ ранее проведенных ГРП, дать ответ на вопрос об их низкой эффективности. Будет создан банк геолого-геофизической информации по Предуральскому прогибу.

- будут созданы эффективные геолого-геофизические, литолого-фациальные и геохимические модели по основным НГК и произведены оценка ресурсной базы на современном методическом уровне.

- будут определены основные направления поисков крупных месторождений газа и выработана методика и технология ГРП направленная на высокую эффективность данных работ.

Литература

1. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения / М. Д. Белонин, О. М. Прищепа, Е. Л. Теплов, Г. Ф. Буданов, А. Сю Данилевский.- СПб.: Недра, 2004.-396 с.

2. Пушаровский Ю.М. Краевые прогибы, их тектоническое строение и развитие / Ю.М. Пушаровский // Тр. Геол. ин-та АН СССР. – 1959. – Вып. 28. – 154 с

3. Соборнов К.О. Гряда Чернышева – фронт вдвиговой пластины / К.О. Соборнов, Л.Ф. Пиль-ник // Докл. АН СССР. – 1991. – Т. 317. – № 2. – С. 430–434

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ВНУТРЕННЕЙ ЗОНЫ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА

Большакова Ю.А., Ростовщиков В.Б.

ubolshakova@ugtu.net, Ухтинский государственный технический университет,
Ухта, Республика Коми, Россия

Внутренняя зона Предуральского краевого прогиба протягивается вдоль западного склона Урала и частично скрыта под его гранитно-гнейсовым козырьком и на севере – Лемвинским аллохтоном. Протяженность этой зоны составляет около 900 м, ширина от 20-70 км.

В строении этой зоны участвуют паравтохтонно-аллохтонные дизъюнктивные образования.

Особенностью геологического строения данной территории является широкое распространение разломов и надвиговой тектоники, генезис которых связан с процессами субдукции на завершающих этапах развития Урало-Монгольского подвижного пояса.

Геологическая история формирования включает как минимум два крупных тектонических цикла: пассивно-субдукционный и субдукционно-коллизионный.

Пассивно-субдукционный цикл начался в ордовике и завершился при субдуцировании океанской коры Североамериканско-Европейского континента под континентальную кору Сибирского континента в верхнедевонское время.

Второй, субдукционно-коллизионный цикл, начало которого можно отнести к нижнекаменноугольному времени, характеризуется сокращением Уральского палеоокеана, сближением континентов и началу горообразовательных процессов на Урале.

Заключительные стадии орогенеза на Урале происходили в конце верхнего триаса и в начале нижней юры.

В настоящее время в пределах Северо-Предуральской нефтегазоносной области открыто 19 месторождений УВ, среди которых преобладают газовые и газоконденсатные месторождения.

Месторождения, многозалежные, но по запасам относятся к категории мелких. Основные запасы углеводородов связаны со средневизейско-нижнепермским нефтегазоносным комплексом. Значительной долей промышленных ресурсов углеводородов обладают также среднедевонско-франкий и доманиково-турнейский нефтегазоносные комплексы.

Нефтяные месторождения тяготеют к внешней зоне прогиба, все газовые, газоконденсатные и нефтегазоконденсатные приурочены к центральной и внутренней зоне.

Наиболее перспективными для поисков залежей нефти в НГО являются Большесынинская, Косью-Роговская и Верхнепечорская впадины.

Верхнепечорская впадина: зоны сочленения с Ижма-Печорской впадиной, Печоро-Колвинским мегавалом и Среднепечорским поперечным поднятием, где возможно широкое развитие ловушек комбинированного типа;

- зоны развития органогенных построек различного типа в доманиково-турнейском НГК и связанные с ними структуры облекания.

Косью-Роговская впадина: средневизейско-нижнепермские отложения внутреннего и внешнего бортов впадины;

- приразломные и поднадвиговые структуры в зонах сочленения впадины с грядой Чернышева и Уральской складчатой системой;

- зоны развития органогенных построек различного возраста и типа и связанные с ними структуры облекания.

Литература

Геологическое строение и перспективы газоносности Западного склона Приполярного и Полярного Урала / под общ. ред. В. Н. Данилова; Филиал ООО «Газпром ВНИГАЗ» в г. Ухта; ФГУП «ВНИГРИ». – СПб. : ФГУП «ВНИГРИ», 2015. – 264 с.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И КРИТЕРИИ СОХРАННОСТИ ЗАЛЕЖЕЙ УВ В ПЕРМСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Маракова И.А., Ростовщиков В.Б.

miss.marakova@mail.ru, Ухтинский государственный технический университет,
Ухта, Республика Коми, Россия

Тимано-Печорский нефтегазоносный бассейн имеет сложное гетерогенное строение. В герцинскую эпоху были сформированы основные геотектонические элементы: Печоро-Колвинский авлакоген, Варандей-Адзввинская структурная зона, Предпайхойско-Новоземельский, Предуральский прогибы, а в их пределах цикличные осадочные системы.

Структурно-тектонические перестройки, в период крупных региональных перерывов в осадконакоплении, создавали дифференцированный структурный план территории Тимано-Печорского седиментационного бассейна. В различные периоды регрессивно-трансгрессивных циклов происходило формирование разнофациальных природных резервуаров и ловушек в них.

До настоящего времени основные нефтегазоперспективные объекты были связаны с терригенными, карбонатными и терригенно-карбонатными резервуарами, приуроченными к среднедевонско-нижнефранскому, доманиково-турнейскому и визейско-нижнепермскому нефтегазоносным комплексам. Геологические модели формирования и размещения месторождений УВ в таких отложениях построены и апробированы на практике.

Новым направлением является поиск залежей УВ в терригенных отложениях пермского возраста и решение проблем, связанных с разработкой классификации морфологических характеристик нефтегазоперспективных объектов по геолого-геофизическим данным.

В ходе работы с фактическим материалом был рассмотрен интервал от артинского до казанско-татарского возрастов в пределах западного борта Коротаихинской впадины, северной части вала Сорокина, северной части Колвинского мегавала.

Перспективность пермских отложений подтверждается наличием открытых в пределах исследуемых территорий, как в континентальной части, так и акватории, на разных уровнях залежей нефти различной плотности, в том числе тяжелых.

По результатам исследований выделены зоны энергетической активности и стабильности, образованные в артинско-кунгурский и уфимско-татарский этапы осадконакопления, где прогнозируются зоны концентрации ловушек различного типа и залежей УВ. В артинско-кунгурский и уфимско-татарский этапы существовали зоны энергетической стабильности I, V, VI и зоны энергетической активности II-III, IV.

Выделяются следующие критерии сохранности залежей углеводородов:

- 1) Термобарический.
- 2) Структурно-тектонический.
- 3) Литологический.
- 4) Гидрогеологический.

Термобарический. Для каждой зоны концентрации ловушек построены модели прогрева и при помощи бассейнового моделирования выделены зоны развития процессов вторичного крекинга нефтей в слабо изученном районе – Коротаихинской впадине.

Структурно-тектонический и литологический. В зависимости от морфогенетического типа, для сохранности залежей, приуроченных к антиклинальным структурам, пластового сводового типа в первую очередь размеры структуры в плане должны быть меньше размеров резервуара. Контролировать залежь должна надежная покрывка.

Для литологически экранированных ловушек необходимо чтобы одна часть ловушки была гипсометрически выше другой и не подвергалась в дальнейшем после образования залежи наклону или эрозионным процессам.

Для литологически ограниченных ловушек сохранность залежи обеспечивается наличием надежных локальных флюидоупоров. Общим критерием для ловушек различного типа является отсутствие интенсивных тектонических подвижек после образования залежи, что могло бы способствовать разрушению залежей, раскрытию замка структурных ловушек, эрозии и раскрытию залежей, снижению экранирующих свойств покрышки.

Гидрогеологический. Сохранности залежей на рассматриваемых территориях в основном способствуют отсутствие зон свободного водообмена.

Краткие выводы по проделанной работе:

– для северо-восточной части Тимано-Печорской провинции в пермское время на фоне развития Уральского орогена и повсеместной регрессии палеоокеана контуры нового седиментационного бассейна сместились в северо-западном направлении;

– предлагается системный научный подход к историко-генетическому прогнозу ловушек и залежей, который позволит за счет новых поисковых моделей эффективно прогнозировать объекты и разрабатывать рациональный комплекс ГРП;

– выделены этапы осадконакопления на которых рассматриваются седиментационный, образующий, завершающий и конечный подэтапы формирования ловушек;

– представлена морфогенетическая классификация ловушек в пермских терригенных отложениях в северо-восточной части Тимано-Печорской провинции;

– в восточной части Коротаихинской впадины по причине жесткого катагенеза имеются предпосылки для выявления газовых залежей. В центральной и западной частях впадины возможно наличие нефтяных залежей (Лабогейская моноклираль, Вашуткинско-Талотинская складчато-надвиговая зона);

– в пределах Васьягинско-Сабриягинской складчато-надвиговой зоны в разрезе осадочного чехла ожидаются преимущественно газовые скопления.

– для поисков залежей нефти в пермских терригенных отложениях актуальным является изучение неструктурных ловушек различного строения.

Литература

1. Дмитриевский А. Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов. М.: Наука, 1982. 230 с.

2. Бурлин Ю. К., Конюхов А. И., Карнюшина Е. Е. Литология нефтегазоносных толщ. Учеб. пособие для вузов, М.: Недра, 1991. – 286 с: ил.

3. Малышев Н. А. Тектоника, эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов европейского севера России : монография / Н. А. Малышев. - Екатеринбург : 2002. – 270 с.

4. Малышева Е. О., Жемчугова В. А., Майдль Т. В., Малышев Н. А., Рябинкина Н. Н. Региональные несогласия и хроностратиграфия палеозойских отложений Печорского бассейна // Геология горючих ископаемых европейского севера России – Сыктывкар. 1998. – С. 16-37.

5. Маракова И. А. Условия формирования и закономерности размещения ловушек различного типа в терригенных отложениях пермского возраста на северо-востоке Тимано-Печорской провинции / Материалы 25-й научной конференции Структура вещество история литосферы Тимано-Североуральского сегмента, Сыктывкар 2016. – С. 118-121.

6. Маракова И. А. Формирование Коротаихинской впадины в пермское время в связи с прогнозированием развития дельтовых отложений / материалы конференции Нефть и газ 2016, Москва РГУНГ им. И. М. Губкина. 2016 г. – С. 25-32.

7. Окнова Н.С. Неантиклинальные ловушки и их примеры в нефтегазоносных провинциях // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – Т.7. – №1. – http://www.ngtp.ru/rub/10/10_2012.pdf

8. Мак-Грегор А., Ч. Биггс Месторождение нефти Белл-Крик, Монтана, - одна из богатейших стратиграфических ловушек // Геология гигантских месторождений нефти и газа под ред. М. Хэлбути М.: Мир. Редакция литературы по вопросам геологических наук, 1973. – С. 88-107.

9. Юдин В. В. Орогенез севера Урала и Пай-Хоя. Екатеринбург : УИФ «Наука», 1994, 286 с.

К ВОПРОСУ ПОЯВЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ В НЕФТЕНОСНЫХ ПОРОДАХ

Юркова М.В.

yurkovamasha@mail.ru, Томский политехнический университет, Томск, Россия.

В силу особенностей процессов осадконакопления, а также вторичных преобразований терригенного материала, возникает неоднородность пластов нефтяных месторождений, подтверждающиеся экспериментальными данными. Последние фиксируются, в том числе, появлением преимущественных направлений движения флюидов (перетоков) в коллекторах и формированием фильтрационной горизонтальной анизотропии проницаемости, влияющей на нефтеотдачу пласта [2]. В связи с этим изучение неоднородного строения коллекторов носят актуальный характер.

Определение литолого-петрофизической анизотропии нефтеносных пластов исследователем коллективом Томского политехнического университета проводилось на предварительно палеомагнитно-ориентированном керне [2, 6, 7]. Объектом исследования являлись алевролиты и песчаники кварц-полевошпатового состава, слагающие верхнеюрский пласт Ю₁¹⁻² Казанского нефтегазоконденсатного месторождения. Формирование пласта происходило в результате накопления материала в прибрежно-морской обстановке [6].

Проведенные петрофизические анализы на ориентированных образцах включали определение магнитных и упругих параметров пород, слагающих пласт. Установлено, что и магнитные (магнитная восприимчивость), и упругие характеристики алевропесчаников различаются в зависимости от направлений их измерения в породах, и при обработке полученных данных формируют эллипсоиды. Так, главная ось эллипсоида магнитных свойств пород преимущественно фиксируется в северо-восточном направлении, а упругих – в северо-западном.

Изучение морфологических особенностей укладки зерен и литологически ориентированных шлифов также позволило выявить предпочтительные направления, вдоль которых вытянутые зерна кварца слагают скелет изучаемых песчаников. Подобная бимодальная ориентировка зерен проявлена в северо-западном и северо-восточном направлениях, что объясняется условиями осадконакопления, и коррелируется с вышеописанными результатами петрофизических исследований.

В настоящей работе рассматриваются первые полученные результаты определения рудных компонентов, влияющих на появление магнитной анизотропии в породах. Перед коллективом стояла задача установления причин и характера магнитной анизотропии изучаемых нефтеносных песчаников.

Как известно, минералы, в зависимости от способности реагировать на воздействие внешнего магнитного поля, подразделяются на три основные группы:

- диамагнетики – минералы, которые намагничиваются в противоположную сторону к приложенному внешнему магнитному полю, при удалении поля, намагниченность исчезают. К таким минералам относятся кварц и кальцит;

- минералы-парамагнетики – отличаются от диамагнетиков тем, что наведенная намагниченность параллельна к направлению приложенного поля, такими минералами являются оливин, амфиболы, пироксены и слюды;

- ферромагнетиками считаются минералы, которые приобретают и сохраняют сильную намагниченность даже после удаления внешнего магнитного поля. Это – магнетит, гематит, гетит, пирротин и др., которые содержат большое количество железа [4]

Для проводимых исследований наиболее интересны минералы-ферромагнетики, наличие которых является одной из главных причин формирования анизотропии магнитной восприимчивости, возникающей в результате суммирования данного параметра всех минералов, входящих в состав образца. Уровень магнитной анизотропности зависит от типов минералов и размеров их зерен, а также от взаимодействия зерен друг с другом и наличия композитных примесей. По данным [5], в осадочных породах ферромагнетики могут быть представлены акцессорными рудными минералами.

Определение рудных компонентов пород проводилось на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 SBU и рентгено-флуоресцентном микроскопе XGT-7200. Установлено, что преобладающими рудными, в том числе и с магнитными свойствами, минералами, входящими в состав исследуемых песчаников, являются пирит (?трейдит), гематит, магнетит, пирротин и сидерит. Все отмеченные минералы, преимущественно, заполняют поровое пространство песчаников или образуют скопления мелких выделений по периферийной части зерен породообразующих минералов. С учетом преимущественных ориентировок удлинённых зерен скелета терригенных отложений в определенных направлениях и развитием в этих же направлениях пустотно-порового пространства, предположительно становится возможным объяснить причины появления магнитной анизотропии в изучаемых песчаниках.

В породах пирит образует фрамбоиды различных размеров в пустотно-поровом пространстве, однако, нередко встречаются включения кристаллических агрегатов с правильными формами в породообразующих компонентах. Как правило, основная причина образования пирита заключается в деятельности сульфатредуцирующих анаэробных бактерий [3]. Стоит указать, что изучение железосодержащих минералов – магнетита, гематита и очень распространенного в породе пирита, позволяет уточнять фациальные условия осадконакопления за счет окислительно-восстановительной способности железа [1].

В настоящий момент изучение рудных компонентов, влияющих на появление анизотропии магнитной восприимчивости нефтеносных пород, позволяет привести только первые предварительные полученные данные по их составу и локализации в породах. Для дальнейших прогнозов о характере магнитной анизотропии необходимо набрать и интерпретировать большую базу данных о наличии и составе минералов-ферромагнетиков. Тем не менее, отметим, что подобного рода исследования магнитной анизотропии ориентированного керна коллекторов может значительно упростить изучение неоднородного строения терригенных образований, в том числе, и определение наиболее преимущественных направлений фильтрационных потоков в коллекторах нефтяных месторождений.

Литература

1. Манапов Р. А., Вагизов Ф. Г., Мухаметшин Р. З., Романова У. Г., Юсупова Т. Н., Романов Г. В., Чичирова Н. Д. Геохимия нефтяных месторождений. Часть I. Распределение железа в песчано-алевритовых коллекторах девона южно-татарского свода как показатель геохимических фаций. Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 1999. Т.1. №2. С.5-10. ROI: jbc-01/99-1-2-5.
2. Меркулов В.П., Краснощекова Л.А. Оценка влияния фильтрационной анизотропии нефтегазоносных коллекторов при моделировании месторождений // Газовая промышленность. – 2014. – Вып.703. – № 3. –22-27.
3. Савельева О.Л., Савельев Д.П., Чубаров В.М. Фрамбоиды пирита в углеродистых породах смагинской ассоциации о-ова Камчатский мыс // Вестник камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр». Серия: Науки о Земле. 2013. №2. С. 144–151.
4. Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова В.А. и др. Палеомагнитология. Под ред. А.Н.Храмова. – Л.: Недра, 1982. – 312 с.
5. Jaco H. Baas, Ernie A. Nailwood, William D. McCaffrey, Mike Kay, Richard Jones. Directional petrological characterisation of deep-marine sandstones using grain fabric and permeability anisotropy: Methodologies, theory, application and suggestions for integration. Earth-Science Reviews 82 (2007) 101–142.
6. Krasnoshchekova L. A., Cherdantseva D. A., Yurkova M. V., Abramova R. N. Oriented core application in texture analysis of J₁ formation in Kazan oil-gas condensate field (Tomsk Oblast) (Article number 012005) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2015 – Vol. 27. – p. 1-4.
7. Krasnoshchekova L. A., Cherdantseva D. A., Yurkova M. V. Applying paleomagnetic oriented coring in investigating the lithofacies heterogeneity of terrigenous sediments. MATEC Web of Conferences 85, 01027 (2016).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ САМОВОЗГОРАЕМОСТИ УГЛЕЙ МЕТОДОМ МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ЭТАЛОННЫМ ТОЧКАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАНГОВОЙ МОДЕЛИ ДАННЫХ

¹Голынская Ф.А., ²Смирнова О.С.

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

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

Наблюдения в горных выработках показали, что самовозгорание углей может быть вызвано не только горнотехническими условиями разработки угольных пластов (вентиляция, осушение, обрушение кровли и т.д.). Важную роль в этом процессе играют условия залегания угольного пласта и вещественный состав углей, то есть те характеристики, которые связаны с генетическими условиями формирования угольной залежи. К настоящему времени установлены геолого-генетические факторы, которые, по мнению ученых, могут влиять на самовозгорание углей, и которые условно можно разделить на две группы: а) факторы, связанные с условиями залегания угольного пласта – мощность угольного пласта, глубина его залегания и угол наклона, нарушенность, строение угольного пласта, вмещающие породы; б) факторы, связанные с составом и свойствами вещества углей – степень метаморфизма, петрографический состав, зольность, влажность, выход летучих веществ, сернистость, минеральный состав, газоносность.

В результате изучения геологического строения угольных месторождений, физико-химических исследований и анализа статистических данных о самовозгорании углей установлены геологические факторы самовозгорания углей и граничные значения их параметров разной степени опасности самовозгорания для ряда бассейнов и месторождений.

Предварительный анализ собранных данных, произведенный с помощью статистического пакета STATISTICA, показал, что распределения рассматриваемых факторов самовозгорания углей, во-первых, не могут быть признаны нормально распределенными на сколько-нибудь удовлетворительном уровне надежности, во-вторых, эти факторы, как правило, не имеют значимых корреляций. Кроме того, данные имеют разную природу (непрерывные и дискретные с малым числом значений), и различный диапазон значений. Перечисленные причины исключают корректное использование большинства классических методов многомерного статистического анализа. Авторами была разработана оригинальная методика, в основе которой лежит ранговая модель данных, и идея, состоящая в классификации данных по «близости» к эталонным группам наблюдений [3].

С использованием нормативов определения уровней опасности факторов (всего 13) осуществляется переход от исходных данных к ранговой шкале (табл. 1). Следует заметить, что исходные данные по конкретному месторождению могут содержать не все факторы. При переходе к ранговой шкале пропущенные данные заменялись нулями, которые в соответствии с нормативами преобразованы в уровни опасности: 1 – низкий, 2 – средний, 3 – высокий так же, как все прочие значения. Это позволило при необходимости классифицировать точки не только внутри месторождения, но и провести глобальную классификацию с учетом полного набора факторов.

Данные в преобразованной ранговой таблице разбиваются на группы, факторам каждой группы приписывается одинаковый вес – коэффициент тем более высокий, чем больше их значимость для формирования общего уровня опасности.

Для формирования «обучающей» выборки малого объема, обладающей репрезентативностью (она включает в себя как точки с очевидной классификацией, так и различные примеры пограничных случаев), был применен метод DATA-MINING – «добыча данных», который заключается в том, что малая часть большой выборки может быть использована для «обучения» метода, оптимальной подгонки параметров модели, возможно с привлечением эксперта. Все необходимые преобразования исходных данных и вычисления произ-

водятся автоматически программой (макросом) на языке Visual Basic для Excel, реализующей предлагаемую методику.

Таблица 1

Таблица рангов по степени опасности самовозгорания углей рабочего основного пласта II слитного северо-западного участка Харанорского месторождения (Забайкалье)

веса	6	5	4	6	6	6	6	4	5	6	5	4	5	Уровень опасности самовозгорания углей
нижняя граница	2	20	2	20	2	0,01	10	25	5	1,5	8	50	15	
Верхняя граница	3	60	3	30	4	0,03	15	35	8	2,5	30	70	25	
Номер скважины	Мощность, м	Глубина залегания угольного пласта, м	Строение (количество угольных пачек)	Угол наклона, град	Тектоническая нарушенность*, км/км ²	Карстовая нарушенность, d _i **	Влажность, W _h , %	Зольность, A ^d , %	Метан, CH ₄ , %	Сера, S ^d , %	Выход летучих веществ, V ^{daf} , %	Витринит, V _t , %	Инертинит, I, %	
153	3,8	36,6	3	0	2,2	0	8,6	20,6	0	0,29	28,5	67,1	23	Средний
154а	4,4	12,8	2	0	0,3	0	12,2	20,9	0	0,26	32,4	42,5	37,4	Средний
154	3,7	31,4	2	0	0,3	0	8,1	20,4	0	0,31	36,9	79,1	18,3	Средний
157	8,2	54	2	0	0	0	20,3	21,6	0	0,25	39,1	78,8	20,5	Средний
161	5,2	24,8	2	0	8,3	0	8,5	21,4	0	0,37	34,5	70,3	25,6	Высокий
163	3,4	17,7	3	0	11,3	0	5,5	20,6	0	0,27	30,8	55,5	33,1	Средний

Полученные в каждой точке наблюдений (скважине) данные о степени самовозгораемости углей позволяют показать пространственное распределение разных по степени опасности самовозгорания углей в пределах шахтного поля, отдельного месторождения и пр. путем применения геоинформационных программных продуктов, например, семейства ArcGIS [1, 2].

Литература

1. Голынская Ф.А., Смирнова О.С., Никонов Р.А. Применение метода многомерной классификации по эталонным точкам для определения степени самовозгораемости углей на примере шахты «Распадская» Кузнецкого бассейна // Известия вузов. Серия «Геология и разведка». – № 4. – 2015. – С. 15–21.
2. Голынская Ф.А., Смирнова О.С., Никонов Р.А. Применение метода многомерной классификации по эталонным точкам для определения степени самовозгораемости углей поля шахты «Воргашорская» Печорского бассейна // Горный бюллетень, 2016. – № 2. – С. 284–295.
3. Смирнова О.С., Голынская Ф.А. Статистические методы в прогнозировании самовозгорания углей // Горный бюллетень, 2016. – № 1. – С. 281–288.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ ЗОНЫ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Галимова Н.Р.

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Восточно-Сибирская нефтегазоносная мегапровинция до настоящего времени не разведанная в должном объеме, является одним из основных резервов для будущего прироста запасов и обеспечения добычи нефти и газа России. По мере истощения месторождений в традиционных районах добычи, развитие нефтедобывающей отрасли в Восточной Сибири становится приоритетной задачей для нефтяников. Огромную роль в ее решении отводится строительству нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», который позволяет транспортировать добытую здесь нефть в порты Дальнего Востока. В связи с этим формируются новые центры по подготовке запасов и добыче нефти и газа. Два наиболее крупных из них будут организованы в центральных районах Сибирской платформы. Один из них намечен в пограничных районах Иркутской области и Республики Саха (Якутия) на базе Верхнечонского, Талаканского, Чаяндинского, Среднеботуобинского и других месторождений, а второй – в юго-восточной части Красноярского края, где подготовлены значительные запасы углеводородов на Куюмбинском и Юрубчено-Тохомском месторождениях.

Вместе с тем к настоящему времени изученность этого региона является весьма неравномерной и в целом относительно низкой. Открытие новых значительных по запасам месторождений осложняется отсутствием традиционных структурных ловушек и ведущей ролью литологического фактора в размещении залежей УВ. Освоение уже выявленных запасов УВ в регионе сопряжено с литологической неоднородностью продуктивных пластов, которая определяется фациальной изменчивостью отложений и их интенсивной преобразованием вторичными процессами.

Непский свод, представляющий собой наиболее приподнятую часть Непско-Ботуобинской антеклизы, в нефтегеологическом отношении расположен в пределах Ботуобинского нефтегазоносного района Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области, выделяющейся в центральной части Лено-Тунгусского нефтегазоносного бассейна.

В терригенных отложениях венда сосредоточены основные запасы газа Непского свода, к этому стратиграфическому интервалу приурочены залежи Чаяндинского, Талаканского, Тымпучиканского месторождений. Эти отложения характеризуются изменчивыми фильтрационно-емкостными свойствами и сложным распределением в разрезе пластов-коллекторов.

Одним из важнейших условий успешного выполнения программы развития нефтегазового комплекса Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) является наращивание запасов углеводородного сырья промышленных категорий в центральных частях Сибирской платформы, которые намечены в качестве основного объекта добычи углеводородного сырья на Востоке страны. Эти районы характеризуются наибольшей степенью изученности сейсморазведкой и бурением, высокими перспективами нефтегазоносности, и на их территории подготовлена большая часть промышленных запасов нефти и газа Сибирской платформы.

Углеводородный потенциал Непского свода - преобладающая часть сырьевой базы Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (НГО) и достаточно значимая ее часть всей Лено-Тунгусской провинции (НГП). В пределах свода запасы по сумме категорий А+В+С₁ и С₂ подготовлены и оценены и составляют по нефти 45,8% и запасы газа 80,4%, соответственно от запасов Непско-Ботуобинской НГО.

Степень разведанности начальных суммарных ресурсов УВ остается на уровне 29 %. Имеются обоснованные перспективы выявления в этом районе новых залежей нефти и газа, в том числе крупных.

Согласно последней Количественной оценке перспектив нефтегазоносности Сибирской платформы, выполненной сотрудниками ФГУП «СНИИГТиМС» совместно со специалистами других геологических организаций, начальные суммарные ресурсы нефти по Непско-Ботуобинской НГО составляют 3743,0млн.т.извлекаемых, начальные суммарные ресурсы растворенного газа 271,1млрд.м³извлекаемых, начальные суммарные ресурсы конденсата 195,8млн.т. извлекаемых, в том числе по нефтегазоносным комплексам. Как видно из приведенных данных, доминантным комплексом является верхневендский. Помимо него нефтегазоносным потенциалом обладают и другие комплексы.

МИОЦЕНОВАЯ МОЛАССА ЮГО-ЗАПАДА АНАДЫРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

Карнюшина Е.Е.

evgem@geol.msu.ru, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Нефтегазоносный комплекс Анадырского бассейна, представленный миоценовой молассой, изучен по керну скважин, вскрывших ее в различных структурно-глубинных условиях на юго-западе территории и в акватории Восточно-Анадырского прогиба. Цель исследования заключалась в выявлении закономерностей изменения состава, строения литологических формаций особенностей вторичных преобразований пород в пределах продуктивных интервалов. Формации выделены в толщах нижнего миоцена (собольковская и гагаринская свиты), нижнего-среднего миоцена (автаткульская и елисеевская свиты) и среднего-верхнего миоцена (озернинская и эчинская свиты). Объекты изучения рассматриваются ниже по направлению профиля с северо-запада на юго-восток.

В скважине Собольковская-6 Центрального прогиба алевритово-песчаная угленосная формация нижнего миоцена (685 м), накопившаяся в условиях прибрежной равнины, с признаками периодического действия дельты, залегает на глубине 1955 м с размывом на майницкой свите эоцена-олигоцена. Мелководно-морская алевритово-песчаная формация нижнего-среднего миоцена (200 м) перекрыта глинисто-алевритово-песчаными субугленосными отложениями прибрежной равнины и приливной зоны среднего-верхнего миоцена (440 м). Формации находятся на стадии преобразований соответствующих градациям ПК1-ПК2 подзоны протокатагенеза. Остальная часть разреза представлена плиоцен-четвертичными осадками (630 м).

В пределах Поворотной-Телекайской зоны поднятий скважиной Верхне-Телекайская-10с глубины 1734 м до забоя (2350 м) вскрыта собольковская свита (N_1^1) видимой мощностью 616 м. Отложения относятся к гравийно-туфо-песчаной субугленосной формации, степень их преобразований по данным определения показателя отражения витринита соответствует градации МК2 – началу градации МК3. В нефтенасыщенных интервалах разреза установлены следы гидротермальных воздействий на породы-коллекторы. В пределах градации МК2 находятся формации глинисто-алевритово-песчаная угленосная (614 м) прибрежной равнины, выделенная в стратиграфическом объеме гагаринской свиты, и мелководная гравийно-песчаная (210 м) нижнего-среднего миоцена. Глинисто-алевритово-песчаная угленосная формация среднего-верхнего миоцена (850 м), накопившаяся в обстановке прибрежной равнины, преобразована в пределах градаций МК1-МК2. Ее отложения частично размыты и на глубине 60 м перекрыты четвертичными осадками.

В скважине Лахтакская-1 Лагунного прогиба туфоалевритово-песчаная субугленосная формация нижнего миоцена (1014 м), имеющая прибрежно-равнинный и дельтовый генезис преобразованная в пределах градации МК1, залегает с размывом на майначской свите эоцена-олигоцена на глубине 2173 м. В пределах этой же градации катагенетических изменений находится мелководная алевритово-песчаная, глауконит содержащая формация нижнего-среднего миоцена (447 м). Гравийно-глинисто-песчаная угленосная формация (612 м) мелководья и прибрежной равнины охватывает озерненскую и эчинскую свиты, находится в пределах перехода между зоной диагенеза и градацией ПК1 подзоны протокатагенеза. В кровле отложения размыты, и на глубине 100 м на них налегают осадки четвертичной системы.

Формации миоценовой молассы в Восточно-Анадырском прогибе пройдены скважиной Центральная-1. Согласно контакт эоцен-олигоценовой майначской свитой вскрыт на глубине 2471 м. Далее снизу вверх выделены формации: N_1^1 – песчано-алевритово-глинистая угленосная (695 м) прибрежной дельтовой равнины, иногда заливаемой морем; N_1^{1-2} – мелководная ракушняково-песчаная, глауконит содержащая, в стратиграфическом объеме автаткульской свиты (264 м) и шельфовая туфоалевритово-кремнисто-глинистая,

соответствующая елисейской свите (114 м); (N_1^{2-3}) – в стратиграфическом объеме озернинской свиты: туфопесчано-алевритово-глинистая битуминозная (267 м), шельфовой впадины и туфоглинисто-алевритово-диатомитовая, глауконит содержащая (480 м) с признаками шельфовой и мелководной седиментации. Эчинская свита включает туффито-песчано-глинисто-алевритовую субугленосную формацию (312 м) чередования обстановок мелководья и прибрежной равнины. Практически вся миоценовая моласса, вскрытая скважиной Центральная-1, находится в подзоне протокатагенеза. В верхнемиоценовой части разреза проходит граница между градацией ПК1 и зоной диагенеза (Д), продолжающейся вверх по разрезу еще на 692 м в отложениях плиоцен-четвертичного возраста.

Вертикальный и латеральный ряды формаций по рассмотренным стратиграфическим уровням свидетельствуют о трех этапах цикла миоценового осадконакопления. В раннем миоцене образовалась группа терригенных субугленосных, угленосных и дельтовых моласс мощностью от 695 м (скважина Центральная-1) до видимой 1230 м в разрезе скважины Верхне-Телекайская-10, где дельтовая гравийно-песчаная формация нефтеносна. Ранний-средний миоцен ознаменовался крупной трансгрессией с накоплением мелководно-морских терригенных, в том числе с ракушняками и глауконитом формаций, мощностью 200-447 м в ныне сухопутной части бассейна. В акватории Восточно-Анадырского прогиба в начале этого этапа образовалась мелководная ракушняково-песчаная, глауконит содержащая формация (264 м). Во время его окончания накопилась шельфовая туфоалевритово-кремнисто-глинистая формация (114 м). В среднем-позднем миоцене в пределах современной сухопутной части бассейна в условиях вариаций обстановок мелководья и прибрежных равнин возникли терригенные субугленосные и угленосные формации мощностью 440-812 м. В Восточно-Анадырском прогибе толщина отложений достигает 792 м, обстановки седиментации были еще более контрастными – от шельфовой впадины с образованием туфопесчано-алевритово-глинистой битуминозной формации до накопления туфоглинисто-алевритово-диатомитовой, глауконит содержащей толщи шельфа и мелководья. Завершился миоценовый цикл образованием туффито-песчано-глинисто-алевритовых, субугленосных отложений в условиях чередования обстановок мелководья и прибрежной равнины.

Катагенетическая зональность молассы варьирует значительно. Ее градационный диапазон в разрезах скважин по профилю составляет: ПК1-ПК3 (Собольковская-6) – МК1-начало МК3 (Верхне-Телекайская-10) – Д-ПК2 (Ляхтакская-1) – Д-ПК3 (Центральная-1).

Выбивающаяся из этого ряда катагенетическая зональность молассы, вскрытой скважиной Верхне-Телекайская-10, объясняется положением объекта в зоне разлома, по которому происходила разгрузка щелочных гидротерм и, возможно, углеводородов. Визуальные признаки насыщения углеводородами были отмечены в различных частях собольковской свиты дельтового генезиса. В некоторых случаях присутствие флюида было подтверждено результатами испытаний. Первые визуальные признаки углеводородного насыщения при описании отложений снизу вверх наблюдались на глубине 2047-2050 м, относящейся к участку интенсивной трещиноватости и брекчирования. Туфопесчаники здесь значительно карбонатизированы, сильно брекчированы, пронизаны кальцитовыми жилами и трещинами с зеркалами скольжения на их стенках. На глубине 2023-2033 м в туфотерригенных трещиноватых породах поступала минерализованная вода с нефтью. Более интенсивное нефтенасыщение наблюдалось на глубине 1823,5-2003 м в туфопесчаниках с неравномерной трещиноватостью и брекчированием. Особенно ярко визуальное нефтенасыщение выражено в интервалах 1893-1900,6 м и 1827,5-1830 м, давших при испытании притоки минерализованной пластовой воды с пленкой нефти. С глубины 1826-1830 м скважина фонтанировала нефтью. Вторичная минерализация отложений обычно приурочена к участкам трещиноватости и брекчирования туфопесчаников, где представлена их неравномерным замещением ломонтитом и реже карбонатами, частично выщелоченными.

БИОГЕННАЯ ПРИРОДА ОБРАЗОВАНИЯ УРАНОВЫХ РУД В ПЕСЧАНИКАХ

Дойникова О.А.

doa@igem.ru, ИГЕМ РАН, Москва, Россия

Месторождения урана песчаникового типа, преобладающие в мировой добыче урана, наиболее экономически выгодны для отработки методами ПВ. Дисперсные черневые руды таких месторождений, сложенные минералами четырехвалентного урана: уранинитом UO_2 , коффинитом $USiO_4$, нингиоитом $CaU(SiO_4)_2 \cdot 2H_2O$, – формируются в восстановительных условиях на фронте деятельности redox процессов выветривания в биокосных системах.

В классических взглядах на образование инфильтрационных месторождений урана [1, 2] учитывается важная роль бактерий при формировании геохимических redox барьеров, локализирующих накопление урана. Понятие «геохимические барьеры», сформулированное А.И. Перельманом [3], опирается на сходство процессов накопления элементов в водных растворах выветривания (водородные руды, почвы), что демонстрирует важнейшую роль живого вещества в геологических процессах земной коры. Известна бактериальная природа ряда месторождений Fe, Mn, Au, Cu [4, 5]. Частным примером является образование месторождений урана песчаникового типа. Ролловые залежи урана в гипергенных системах, где выветривание стимулируется микробной деятельностью, рассматриваются как латеральное развитие от аэробного выветривания до анаэробного обогащения [4].

В последние годы бактериальные технологии широко используются для удаления и фиксации радионуклидного загрязнения (в том числе U) в приповерхностной среде. Исследования геомикробиологов [6] доказывают бактериальное осаждение урана из природных водных растворов, насыщенных органическим веществом, в уранильной форме (U^{6+}) или в форме U^{4+} (оксид, фосфат), часто в виде поверхностной бактериальной сорбции. Биологические процессы обеспечивают подвижность урана и обуславливают осаждение радионуклидов, всегда связанное с микробным высвобождением PO_4^{3-} из клеток микрофлоры [7]. Фиксация урана производится разными видами бактерий. Множество сульфат- и металл-восстанавливающих бактерий восстанавливают уран U^{6+} в условиях, восстановительных для Fe^{3+} . По данным микробиологов источник фосфатных ионов в водных растворах – продукты бактериальной переработки P-содержащих органических соединений из растительных клеток.

Исследования геологов показали, что именно микроорганизмами осаждены рудные U^{+4} минералы в песчаниковых месторождениях: уранинит и коффинит в ролловых телах Синцзян, Китай [8]; коффинит – в Беверли, Австралия, где бактериальное восстановление предполагается первичным рудоформирующим процессом [9]. Анализ наших геолого-минералогических данных [10] в свете последних данных по микробной иммобилизации урана указывает на биогенную природу Ca- U^{+4} -фосфата нингиоита [11]. Известные на сегодня месторождения нингиоитовых руд локализованы в аллювиальных отложениях палеодолин/палеорусел, где часто присутствуют озерно-болотные отложения. Их микробная активность обеспечивает поступление в раствор органического фосфора, обуславливая биогенную природу нингиоита.

Восстановительная анаэробная обстановка в осадочных толщах создается суммарным действием биологических процессов. Микробное сообщество, разлагающее органические остатки, создает осадительную для U^{+4} среду: рост аэробных бактерий при разложении детрита обеспечивает питательную среду для роста анаэробов. Связь анаэробного окисления органического вещества неразрывна с предшествующим аэробным процессом. Широко известное ранее [1, 2] затухание деятельности анаэробов за границей рудоотложения (в направлении фильтрации) происходит, очевидно, в результате расходования питательных веществ, подготовленных аэробами. Перемещение по осадочным толщам роллового redox фронта (с зоной восстановления), обусловленное гидродинамикой, проявлено в образовании урановых черней. Логично полагать, что продвижение redox барьера происхо-

дит по мере расходования питательной базы. Микронная размерность минералов в черневых урановых рудах представляется следствием подвижности среды минералообразования.

Учитывая биогенный характер черного рудообразования в песчаниках, причины образования конкретной минеральной формы U^{4+} (оксидной, силикатной, фосфатной) следует, очевидно, искать в особенностях микробиологических процессов (и миграции элементов) на месторождениях с разным составом руд. Скорость биоразложения различна в аридных и гумидных условиях, различающихся результатами накопления мортмассы (массы мертвого органического вещества в экосистеме) [3]. В гумидном климате аккумуляция органического материала (фитомассы) в почвах и корах выветривания происходит быстрее его разложения микроорганизмами. Запасы мортмассы в аридных областях всегда меньше запасов накопленной здесь же фитомассы. Недостаток тепла замедляет разложение растительных остатков, и в ландшафте накапливается избыточная мортмасса. Вероятно, окисленное аэробами органическое вещество (питание для анаэробов) следует соотносить с мортмассой в рудовмещающих песчаниковых толщах. Тогда биогеохимическая специфика минералообразования будет определяться климатом как важнейшим внешним фактором гипергенных процессов [3], ответственных за формирование черневых урановых руд.

При общем песчаниковом типе вмещающих пород преимущественное формирование фосфатной минерализации (нингиоитовые руды) на Хиэгдинском рудном поле обусловлено преобладанием мортмассы (повышенные концентрации биогенного фосфатного комплекса) в палеорусловых отложениях и более холодным климатом по сравнению с известными месторождениями Притяньшаньской мегапровинции (уранинит-коффинитовые руды).

Заключение. Образование черневой U^{4+} -минерализации вызвано деятельностью микроорганизмов. Источником фосфора для нингиоита является органическое вещество растительных остатков в осадочных толщах. Жизнедеятельность аэробно-анаэробной бактериальной микрофлоры приводит к созданию биогеохимических барьеров, восстанавливающих уран, и их продвижению по мере расходования питательной базы. Микронные размеры урановых минералов в черневых рудах обусловлены перемещением восстановительной среды минералообразования вместе с redox фронтом. Сообщество микроорганизмов, наряду с геохимическими характеристиками среды, необходимо оценивать как важнейший компонент гипергенного U^{4+} -рудообразования.

Литература

1. Лисицин А.К. Гидрогеохимия рудообразования. М.: Недра. 1975. 247 с.
2. Перельман А.И. /Ред./ Гидрогенные месторождения урана. М.: Атомиздат. 1980. 270 с.
3. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000. 1999. 768 с.
4. Zammit C.M., Shuster J.P., Gagen E.J., Southam G. The Geomicrobiology of Supergen Metal Deposits // Elements. 2015. V. 11. P. 337-342.
5. Southam G., Sanders J.A. The geomicrobiology of ore deposits // Economic Geology. 2005. 100: 1067-1084.
6. Suzuki Y., Kelly S.D, Kemner K.M., Banfield J.F. Direct microbial reduction and subsequent preservation of uranium in natural near-surface sediment // Appl. Environ. Microbiol. 2005. 71 (4): 1790–1797.
7. Sivaswamy V., Boyanov M. I., Peyton B. M., et al. Multiple Mechanisms of Uranium Immobilization by Cellulomonas sp. Strain ES6 // Biotechnol. Bioeng. 2011. 108 (2): 264–276.
8. Min M, Xu H, Chen J, Fayek M. Evidence of uranium biomineralization in sandstone-hosted roll-front uranium deposits, northwestern China // Ore Geology Reviews. 2005. 26: 198-206.
9. Wülser P-A, Brugger J, Foden J, Pfeifer H-R. The sandstone-hosted Beverley uranium deposit, Lake Frome Basin, South Australia: Mineralogy, geochemistry, and a time-constrained model for its genesis // Economic Geology. 2011. 106: 835-867.
10. Дойникова О.А. Минералогия урана восстановительной зоны гипергенеза (по данным электронной микроскопии). М.: Физматлит. 2012. 216 с.
11. Дойникова О.А. Фосфатный состав урановых черней как показатель их биогенного генезиса // Изв. ВУЗ. Геология и разведка. 2016. №5. С.17-29.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВСКРЫТИЯ ПЛАСТОВ МАТРИЧНОЙ НЕФТИ

Юферов И.А.

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Ресурсная база углеводородного сырья в России медленно, но уверенно смещается в сторону трудноизвлекаемых запасов. Разработка большинства крупных месторождений переходит на заключительные стадии добычи, что неизбежно влечет за собой необходимость изменения модели нефтегазообеспечения и выработку новой технологической политики, как в вопросе поиска и разведки сырьевых ресурсов, так и в их добыче и переработке.

Детальное изучение высокомолекулярных компонент привело к открытию нового вида углеводородного сырья – нефти, плотно связанной с матрицей породы. Матричная нефть является нетрадиционным углеводородным сырьем, которое представляет собой коллоидную систему, компоненты которой растворены друг в друге. По молекулярному составу к матричной нефти относятся углеводороды C_{11+} , которые не переходят в паровую фазу, в том числе жидкие и высокомолекулярные компоненты (ВМК). Соотношение между жидкими углеводородами и ВМК определяется степенью катагенетической преобразованности матричной нефти. Жидкие углеводороды (до C_{10}), перешедшие в паровую фазу, относятся к газоконденсату.

В соответствии с гипотезой, предложенной Н.А. Скибицкой [2007], матричная нефть образуется из карбонатно-органического вещества в процессе преобразования его органической полимерной составляющей последовательно в керогеноподобное вещество, асфальтены, тяжелые смолы, легкие смолы, масла. Исследования подтверждают, что карбонатное породобразующее вещество, в котором органическая и неорганическая составляющие химически связаны, имеет полимерное строение, аналогичное строению органических полимеров. Установлено также, что в карбонатных образцах, имеющих четкую кристаллографическую форму кальцита, содержится значительно больше углерода и кислорода, чем в чистом карбонате кальция. Таким образом, эти факты подтверждают возможность рождения углеводородных соединений из карбонатной матрицы.

Примером может служить Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение (ОНГКМ), на котором трудноизвлекаемые углеводороды представлены матричной нефтью, так называемым высокомолекулярным сырьем (ВМС).

По заключению экспертной комиссии Федерального государственного учреждения "Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых" Роснедра Министерства природных ресурсов РФ от 3 июня 2005 г., ресурсы матричной нефти Оренбургского НГКМ составляют 2,56 млрд т нефтяного эквивалента.

В поровых коллекторах ($K_p > 6\%$) продуктивных отложений ОНГКМ матричная нефть обладает некоторым сходством с легкой сланцевой нефтью (US-Баккен) по плотности ($0,83-0,89 \text{ г/см}^3$) и вязкости ($4-10 \text{ мПа}\cdot\text{с}$), но в отличие от последней сосредоточена не в сланцевых породах, а в карбонатных резервуарах нефтегазоконденсатных и газоконденсатных месторождений на глубинах более 1 км.

В трещинных коллекторах ОНГКМ матричная нефть является наиболее незрелой и представлена в основном тяжелыми высокомолекулярными компонентами: тяжелыми смолами, асфальтенами с подчиненным количеством легких смол и масел (примерно 30%), имеет в сухом состоянии плотность в среднем $0,95-1,0 \text{ г/см}^3$, вязкость $50-150 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ и может быть отнесена к битумам.

Высокомолекулярные компоненты матричной нефти (асфальтены, смолы) содержат большие концентрации микроэлементов, редких и редкоземельных металлов. Другими словами, содержат практически всю таблицу Менделеева, причем концентрация в них галлия, целого ряда благородных, редких и редкоземельных металлов характеризуется аномально высокими значениями.

Традиционные технологии добычи для матричной нефти неприменимы. Она относится к трудноизвлекаемым ресурсам, и оценить экономическую целесообразность ее разработки можно будет только после опытной эксплуатации соответствующих технологий добычи, транспортировки и глубокой переработки.

В качестве возможного метода добычи матричной нефти предлагается рассмотреть технологию плазменно-импульсного воздействия, разработанный сотрудниками Научно-Исследовательского института электрофизической аппаратуры под руководством А.А. Молчанова с целью вскрытия пластов матричной нефти. В основу технологии положены принципы нелинейных систем, к которым относятся системы со значительным энергосодержанием и энерговыделением, высокоскоростные, высокотемпературные процессы, колебания волны и волны со значительной амплитудой.

Источник, помещенный в скважину, выделяет значительное количество энергии с высокой температурой (25000-28000 °С) за короткий промежуток времени (50-53 мкс) и формирует ударную волну с избыточным давлением, многократно превышающим пластовое.

За счет технологических ограничений ударная волна распространяется направленно через перфорационные отверстия по профилю каналов.

Плазменно-импульсное воздействие инициируется в естественных (реальных) геологических условиях без добавок химических реагентов при любой обводненности скважины, и способствует возникновению параметрического резонанса в целом в системе, при этом возмущенная среда не оказывает на источник колебаний никакого обратного воздействия. Таким образом, генератор ПИВ является идеальным широкополосным (1-12000 Гц) нелинейным возбудителем.

Вызываемые в продуктивном пласте резонансные колебания позволяют очистить существующие и сформировать новые фильтрационные каналы на удалении более 1500 метров от очага воздействия.

Кроме масштабного воздействия создание плазмы позволяет решать и локальные задачи по очистке призабойной зоны скважин. Мгновенное расширение плазмы создает ударную волну и последующее охлаждение, а сжатие плазмы вызывает обратный приток в скважину через перфорационные отверстия, что на начальном этапе обработки скважины способствует выносу коагулирующих веществ в ствол скважины.

Отличительной особенностью данного метода является его высокая эффективность при экономичности, безопасности и экологической чистоте.

Использование предлагаемой технологии позволит увеличить нефтеотдачу продуктивных пластов матричной нефти на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении за счет формирования новых фильтрационных каналов и микротрещин, по которым высвобождаются ранее не разрабатываемые углеводороды.

Литература

1. Скибицкая Н.А., Яковлева О. Перспективы освоения ресурсов матричной нефти / Н.А. Скибицкая, О. Яковлева // Специализированный журнал «Бурение & Нефть». – 2011. – Июнь.
2. Дмитриевский А.Н. Инновационное развитие нефтяной и газовой промышленности России / А.Н. Дмитриевский // Специализированный журнал «Бурение & Нефть». – 2012. – Январь.
3. Максютин А.В. Экспериментальные исследования реологических свойств высоковязкой нефти при упругом волновом воздействии // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 2009. - № 5. - С.4-8.
4. Молчанов А.А. Интенсификация притока высоковязких нефтей с применением скважинного упругого воздействия на продуктивные пласты. - Казань: Изд-во «Фэн», 2007. - С. 417-420.

S-III

**СЕКЦИЯ МИНЕРАЛОГИИ,
ПЕТРОГРАФИИ И ГЕОХИМИИ**

УРАНОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ЧЕРНЫХ СЛАНЦАХ МОЛИБДЕН-ВАНАДИЕВОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ЛЕПЛЯСЮРЬЯ (СЕВЕРНОЕ ПРИЛАДОЖЬЕ)

Бискэ Н.С.

nataliabiske@yandex.ru, Институт геологии КНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Мо-V рудопроявление Леппясюрья расположено в области сочленения Карельского кратона (AR_2) и Свекофеннского складчатого пояса (PR_1), и локализовано в толще пере-слаивания графитсодержащих и графитистых сланцев соанлахтинской свиты палеопротерозоя, метаморфизованных в условиях биотит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации. Рудные тела пластовой формы мощностью до 30 м представлены металлоносными графитистыми сланцами (среднее содержание графита до 25%). Согласно работе [Минерально-сырьевая..., 2005] на рудопроявлении Леппясюрья бедное Мо-V оруденение равномерно распределено в углеродистых слюдяных и амфиболовых сланцах. Минералы-концентраторы Мо и V не выявлены, их высокие концентрации обусловлены сорбционной способностью органического вещества. В высокоуглеродистых породах определены аномально высокие содержания широкого спектра микроэлементов: Ti, Cr, Co, Ni, Zr, Sc, Ce, It, Pb, Cu, Ag, Ga, Se, As, Pd. Углеродистые сланцы сопровождаются региональной U-Th-K аномалией.

В.Е. Поповым и А.Е. Торицыным [1995] на рудопроявлении Леппясюрья в черных сланцах с пирит-пирротинным оруденением отмечены аномальные концентрации Au, Ag и платиноидов. По В.И. Иващенко [2016], в рудах присутствуют роскоэлит, ванадийсодержащий биотит и молибденит; рудопроявление Леппясюрья относится к черносланцевому молибден-благороднометалльно-ванадиевому рудно-формационному типу.

В результате комплексного исследования методами оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и спектроскопии КРС в черных сланцах рудопроявления Леппясюрья, в обогащенных углеродом слойках и линзочках, автором впервые были обнаружены урановые микрочастицы с углеродными ореолами диаметром до 0,1 мм. Уран зафиксирован также в метамиктном Y-содержащем цирконе и ксенотиме. Содержание U в высокоуглеродистых сланцах, по данным ICP-MS анализа, выполненного в Институте геологии КарНЦ РАН, достигает концентраций (50 г/т), существенно превышающих кларк урана в черных сланцах, равный $8,5 \pm 0,8$ г/т [Юдович, Кетрис, 1994], что повышает промышленные перспективы рудопроявления.

Урановые частицы сложены преимущественно иттрийсодержащими силикатами урана в виде серой, стекловидной (в отраженном свете) аморфной массы, которая обволакивает тонкой пленкой зерна оксидов урана, заполняет трещины в углеродном ореоле, образует матрицу, вмещающую разнообразные по размеру и форме реликты урановых минералов; отдельные участки матрицы переполнены их тонкими включениями. Среди аморфной массы силикатов урана наблюдаются идиоморфные метакристаллы селенистого галенита микронного размера. Высокодисперсная смесь силикатов и оксидов урана состоит из U (33,04-60,75%); Si (5,76-8,12%) и Y (2,52-8,72%). Нередко присутствуют Pb, Th, Ce, P, Ca, Al, Fe, K, S, спорадически – Ag, Pt, Ir. Размер единичных, наиболее крупных, зерен оксидов урана составляет 20-40 мкм в наибольшем измерении. Уран в их составе максимально окислен. В качестве постоянной примеси определен свинец в количестве 17-19%. В отдельных анализах зафиксированы Th и Fe.

В составе ореолов, окружающих урановые частицы, кроме углерода (до 91%) постоянно наблюдаются кислород и сера, спорадически зафиксированы Ca, Cr и U. В наружной части углеродных ореолов, где можно наблюдать «теневые» зерна породообразующих минералов, отмечены также Si, Al, K, Fe и Mg. Методом спектроскопии КРС установлено, что ореолы состоят из аморфного углерода, образовавшегося под воздействием радиации. Углеродное вещество черных сланцев представлено графитом с изменчивой, преимущественно высокой, степенью разупорядочения кристаллической структуры [Бискэ, Колодей, 2014].

Углеродные ореолы имеют четкие контуры, дискордантные по отношению к слоистости вмещающей породы. В брекчированных черных сланцах микрослоистость в обломках ориентирована косо по отношению к сланцеватости цемента. В краевых участках брекчии она нередко совпадает со слоистостью пород, не подвергшихся брекчированию, и, по всей видимости, является первичной. Послойное распределение урановых частиц, их локализация в наиболее богатых графитом слоях и линзочках свидетельствуют о сингенетичном характере урановой минерализации. Кварцевая, сульфидно-кварцевая и слюдисто-хлоритовая прожилковая минерализации, широко проявленные в зонах брекчирования, обнаруживают по отношению к углеродным ореолам более позднее развитие. Ореолы разбиты трещинами со смещением отдельных обломков. По трещинам развиваются слюда и пирротин. Силикаты урана (преимущественно коффинит?), замещающие оксид урана, заполняют трещинки во внутренней зоне углеродного ореола.

Кроме того, в черных сланцах рудопроявления Леппясюрья наряду с известной тонкой вкрапленностью пирротина, пирита и халькопирита, выявлены отдельные слои, насыщенные тонкодисперсным сфалеритом (Zn до 4,5%), установлены слюды с содержанием V_2O_5 до 2,2% и ванадийсодержащий рутил (V_2O_5 до 2,4%). Минералы урана и метамиктный циркон с U и Y обнаружены в тонкозернистых обогащенных графитом сланцах. Арсенопирит, апатит, фторапатит и паризит локализованы преимущественно в сульфидных кварцевых и карбонатно-кварцевых прожилках. Халькопирит образует сростания с пирротинном. В жильном пирротине определены в единичных зернах кобальтин и гессит. Селенистый галенит, молибденит и рутил наблюдается как в основной массе, так и в разнообразных прожилках. Галениту свойственны широкие вариации в соотношении серы и селена. Ксенотим, монацит, самородное олово и серебро встречаются спорадически. Размер выделений рудных минералов варьирует от тысячных (селенистый галенит, гессит) до десятых долей мм (фторапатит).

В Северном Приладожье, в области сочленения Карельского кратона и Свекофеннского складчатого пояса установлено широкое развитие сдвиговых дислокаций, контролирующей рудную минерализацию [Иващенко, Голубев, 2011]. Учитывая сингенетичную обогащенность черных сланцев соанлахтинской свиты ураном и рядом рудных элементов, а также разнообразные геохимические функции, свойственные органическому веществу [Юдович, Кетрис, 1994], и зеленосланцевый метаморфизм, можно рассматривать территорию Северного Приладожья как перспективную на обнаружение уранового и благородно-металльно-уран-ванадиевого оруденения «падминского» типа, известного в Онежской структуре Балтийского щита [Иващенко, Голубев, 2011].

Литература

1. Бискэ Н.С., Колодей В.А. Спектроскопия комбинационного рассеивания графита из месторождений и рудопроявлений Приладожья // Геология и полезные ископаемые Карелии. Труды Института геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск: 2014. Вып.17. С. 103-109.
2. Иващенко В.И. Главные рудно-формационные типы редкометального оруденения Карелии // Геология рудных месторождений. 2016, т. 58, № 2. С. 189-194.
3. Иващенко В.И., Голубев А.И. Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2011. 369 с.
4. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Кн. 1 / ред. А.Г. Леонтьев и В.П. Михайлов. Петрозаводск, 2005. 280 с.
5. Попов В.Е., Торицын А.Н. Благородные металлы (Au, Ag, МПГ) в стратиформных редкометалльно-полиметаллических рудах Северного Приладожья : тез. докл. регион. симп. «Благородные металлы и алмазы севера Европейской части России». Петрозаводск, 1995. С. 135-137.
6. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург : УИФ Наука, 1994. 304 с.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ Pb-Zn РУДНЫХ ТЕЛ И ОКОЛОЖИЛЬНЫХ ПОРОД (ЖИЛА ГАЦИРОВСКАЯ, ВЕРХНЕЗГИДСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ)

Бычков Д.А., Борисов М.В., Пчелинцева Н.Ф., Ивлева Е.А.
borisov@geol.msu.ru, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Цель исследований – реконструкция условий и механизмов жильного гидротермального рудообразования. Эталонными объектами для изучения этих процессов являются жильные полиметаллические месторождения Садонского рудного района (Северная Осетия), по которым нами накоплена представительная база данных (более 1700 проб, сотни образцов, шлифов и аншлифов) и регулярно проводятся полевые работы.

Геохимические исследования последних лет проводились нами на Джимидонском месторождении (восточный фланг рудного поля). В отличие от большинства основных месторождений района, где главным типом вмещающих пород являются граниты садонского типа (PZ₃), на этом объекте рудовмещающей средой являются метаморфиты буронской свиты (PR₃–PZ₁). Палеозойские граниты подстилают докембрийские метаморфиты, контактируя с ними по серии пологих тектонических нарушений. Рудообразование на всех Pb–Zn месторождениях района происходило в батское время (J₂), а наиболее вероятным источником рудных компонентов являлись палеозойские граниты. Впервые такой вывод был сделан на основании данных по изотопному составу Pb в галенитах 11 месторождений района и в калиевых полевых шпатах магматических и метаморфических пород района (Тугаринов и др., 1975). Этот вывод подтверждён нашими данными о закономерностях распределения рудных элементов в первичных ореолах, а также термодинамическим моделированием процессов мобилизации и рудообразования (Борисов, 2000; Борисов и др., 2006). При моделировании именно граниты рассматривались нами как основной рудогенерирующий субстрат. Данные по распределению РЗЭ в сульфидных рудах месторождения Джими и вмещающих породах показывают, что источник рудных компонентов является комбинированным с различными пропорциями участия докембрийских метаморфитов и палеозойских гранитов (Борисов и др., 2016).

Для сопоставления с данными по Джими проведено исследование распределения элементов по жиле Гацировской (В.Згид), вмещающими породами для которой являются только палеозойские граниты. Изучено распределение Fe, Zn, Pb, Cu, Ag и др. (атомно-абсорбционный анализ, ContrAA 700, кафедра геохимии, МГУ) по разрезу от контакта до контакта через жилу (5 проб с шагом 3 см; шт. Надежда, В.Згид). Для рудных проб и вмещающих пород (2 пробы околожильных пород на расстоянии 1.5 и 2.4 м от рудного тела, 2 пробы гранитов на удалении 50 и 100 м) получены данные о распределении РЗЭ (ИСП-МС, Element-2, кафедра геохимии, МГУ). Средние содержания элементов по жиле Гацировская составляют (в скобках указаны минимальные и максимальные содержания по интервалам опробования): Fe – 2.9 (1.1-3.9 мас. %), Zn – 0.7 (0.1-1.3%), Pb – 2.7 (0.1-8.7%), Cu – 0.3 (0.02-0.6%), ΣРЗЭ – 32 г/т (14-57 г/т). Жила существенно кварцевая с низкими содержаниями рудных компонентов. Максимальные содержания Fe, Zn и Pb относятся к центральной части жилы (6-12 см), причём на интервале 9-12 см резко преобладает Pb (до 8.7%).

Суммарные содержания РЗЭ и характеристики нормированных на хондрит спектров лантаноидов значительно различаются в последовательности центральная часть жилы, приконтактные пробы жилы, околожильные породы, неизменённые граниты. Центральная часть жилы – ΣРЗЭ 30-33 г/т, La/Yb=23-26.6, Eu/Eu*=0.30-0.34, La/Nd=2.8-2.9, Gd/Ho=2.9-3.6. Приконтактные пробы жилы – ΣРЗЭ 26-57.5 г/т, La/Yb=7.2-9.5, Eu/Eu*=0.29-0.36, La/Nd=2.2-2.3, Gd/Ho=1.6-2.1. Околожильные породы (первая цифра удаление 1.5 м от жилы, вторая – 2.4 м) – ΣРЗЭ 118-93 г/т, La/Yb=10.9-8.7, Eu/Eu*=0.36-0.34, La/Nd=2.24-2.25,

Gd/Ho=2.4-2.0. Неизменённые граниты (первая цифра удаление 50 м, вторая – 100 м) – Σ РЗЭ 99-68 г/т, La/Yb=13.6-11.8, Eu/Eu*=0.4-0.53, La/Nd=2.0-2.1, Gd/Ho=3.5-3.1.

В пробах по рудному телу установлено, что высокие значения La/Yb, La/Nd, Gd/Ho приурочены к центральной части жилы и совпадают с максимумами отложения рудных сульфидов. Эти спектры значительно отличаются от спектров проб жилы в приконтактной области, околожилных и неизменённых гранитов (особенно по La/Yb=23-26 против 7.2-13.6 и La/Nd=2.8-2.9 против 2.0-2.3). Спектры околожилных пород на разном удалении от жилы почти идентичны, но имеются и отличия. В пробе на удалении 1.5 м выше, чем в пробе на 2.4 м, сумма РЗЭ (118 против 93 г/т) и Gd/Ho (2.38 против 2.03). Сопоставление данных проб с пробами неизменённых гранитов позволяет предположить привнос гидротермальными растворами РЗЭ на уровне 30-50 г/т (как в жиле), и эти растворы обогащены тяжёлыми лантаноидами (в околожилных породах LREE/HREE=12-14, а в гранитах 15-17). Спектры проб приконтактных частей жилы близки к спектрам околожилных пород (отличия в глубине европиевого минимума: в жиле Eu/Eu*=0.29, в околожилных породах Eu/Eu*=0.35), но сильно отличаются от неизменённых гранитов (в жиле La/Yb=7.2-9.5, Eu/Eu*=0.29, Gd/Ho=1.6-2.1, в гранитах La/Yb=13.6-11.8, Eu/Eu*=0.4-0.53, Gd/Ho=3.5-3.1).

Сопоставление спектров РЗЭ в жиле и вмещающих породах позволяет предложить два варианта привноса лантаноидов и рудных компонентов гидротермальными растворами в процессе формирования рудного тела.

Первый вариант – изменение источника, т.е. на ранних этапах развития системы элементы мобилизуются из гранитов со спектром лантаноидов идентичным тому, который мы видим в приконтактных частях жилы и околожилных породах. Позже подключаются граниты с другим спектром РЗЭ и формируется центральная часть жилы. Имеющийся фактический материал (около 20 проб палеозойских гранитов, отобранных в разных точках Садонского района) не подтверждает возможности такой смены источника, поскольку отсутствуют граниты со спектрами РЗЭ полностью аналогичным спектрам в центральной части жилы (особенно ярко по La/Nd).

Второй вариант – фракционирование РЗЭ в процессе процесса рудообразования. На ранних этапах развития гидротермальной системы из гранитов (со спектром РЗЭ подобным, определённым нами для пород на удалении 50-100 м от жилы) происходит мобилизация лантаноидов с относительно большей долей тяжёлых элементов. Образованные таким образом растворы формируют приконтактные части жилы и околожилные породы. Центральная часть жилы образуется на завершающем этапе из растворов, которые поступают из того же источника, но при этом привносится основная часть рудных компонентов и спектр РЗЭ становится иным (отвечает спектру, зафиксированному для рудных интервалов жилы). С нашей точки зрения второй вариант наиболее реалистичен.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ, грант №17-05-00244, с использованием оборудования, приобретённого за счёт средств Программы развития МГУ.

Литература

1. Борисов М.В. Геохимические и термодинамические модели жильного гидротермального рудообразования. М.: Научный мир, 2000. 360 с.
2. Борисов М.В., Бычков Д.А., Шваров Ю.В. Геохимические структуры полиметаллических жил выполнения и параметры гидротермального рудообразования // Геохимия, 2006, № 11, 1218-1239.
3. Борисов М.В., Волкова М.М., Бычков Д.А. Оценка источника вещества полиметаллических жил Джимидонского месторождения (Северная Осетия, Россия) на основе распределения редкоземельных элементов в рудах и вмещающих породах // Геохимия, 2016, №4, 371-388.
4. Тугаринов А.И., Бибилова Е.В., Грачева Т.В. и др. Применение свинцово-изотопного метода исследования для решения вопросов о генезисе свинцовых месторождений Северо-Кавказской рудной провинции // Геохимия. 1975. № 8. С. 1156-1163.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МАНТИЙНЫХ КСЕНОЛИТОВ ЗА СЧЕТ НАЛОЖЕННОГО МЕТАСОМАТОЗА НА ПРИМЕРЕ ТРУБОК МИР И ОБНАЖЕННАЯ (ЯКУТСКАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ)

Воробей С.С., Бовкун А.В., Гаранин В.К.

Patesonchic77@mail.ru, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

В своих исследованиях мы решили сравнить алмазоносную трубку Мир и не алмазоносную трубку Обнаженная, которые находятся в разных частях Якутской кимберлитовой провинции. Поэтому, комплексное изучение минералогии и петролого-геохимических особенностей глубинных ксенолитов высокоалмазоносной трубки Мир и не алмазоносной трубки Обнаженная, контрастных не только по алмазоносности, но и положению в пределах Сибирского кратона позволят проследить характер изменения глубинного материала для разных областей литосферной мантии и связь с минералогией и алмазоносностью кимберлитов.

Ксенолиты глубинных пород, встречающиеся в кимберлитах, являются уникальным источником информации о составе, строении и эволюции мантийной литосферы континентов и протекающих в ней процессах. Установлено, что ксенолиты ультраосновных и основных глубинных пород, в том числе алмазоносных, часто несут следы метасоматических преобразований различной интенсивности, указывающие на сложную историю их эволюции. Эти процессы могут протекать как в пределах мантии, так и во время транспортировки к поверхности кимберлитовыми расплавами, нередко имеют многоэтапный характер, накладываясь друг на друга. Реконструкции изменений пород основания литосферной мантии в последнее время уделяется огромное значение, но вопросы, связанные с условиями, местом, временем и среде таких преобразований, природе и составе метасоматизирующих агентов являются предметом многочисленных научных дискуссий и полностью не решены. Особенно интересным и сложным на данный момент выступают проблемы, связанные с влиянием метасоматических процессов на образование и сохранность алмаза. В связи с этим представляется весьма актуальным воссоздание общей картины эволюции изменений мантийного вещества во всем пространственном диапазоне и длительном временном интервале: от образования и изменения глубинных пород в мантии до зарождения и подъема кимберлитовых расплавов к земной поверхности и до их окончательной кристаллизации при формировании кимберлитовых трубок.

По результатам исследований на данном этапе приводятся данные минералого-петрографического изучения глубинных ксенолитов (перидотитов и пироксенитов) из алмазоносной трубки Мир и не алмазоносной трубки Обнаженная и продуктов их метасоматического изменения. Это дает возможность проследить характер видоизменения мантийного материала для разных областей литосферной мантии и его связь с минералогией и алмазоносностью кимберлитов. Минеральный состав глубинных ксенолитов трубки Мир и Обнаженная весьма разнообразен и интересен. В результате изучения шлифов на электронно-зондовом микроскопе были получены некоторые особенности минерального состава двух трубок и определены составы главных пороодообразующих минералов: граната, оливина, клино- и ортопироксенов, а также, часто встречающаяся хромшпинель. В процессе работы, изучены структуры распада в пироксенах и активно накладывающиеся вторичные минералы по прожилкам и периферии (серпентин, слюда (флогопит), кальцит, амфибол (тремолит-актинолитового ряда)). В качестве аксессуарных минералов присутствуют рутил, пикроильменит и ильменит.

Кимберлитовая трубка Мир богата включениями в гранате и пироксенах игольчатого пикроильменита, рутила, проявление по периферии и прожилкам вокруг гранатов хромшпинелидов, которые отличаются между собой по минеральному составу и часто в них

наблюдается зональность. Отсюда можно сделать вывод, что трубка Мир обогащена больше магнезиально-железистым составом.

В глубинных ксенолитах трубки *Обнаженная* по сравнению с трубкой *Мир* более ярко проявлены масштабы вторичных изменений, а также, она более насыщена и разнообразна минеральными включениями: в зернах *граната* наблюдаются многочисленные разноориентированные иголки рутила, хромовой шпинели, клинопироксена. Во многих зернах клинопироксена встречаются лемели ортопироксена, и наоборот. По границам и внутри трещин спайности клинопироксенов встречаются «червеобразные» вроски граната и ортопироксена, иногда, эти два минерала встречаются совместно. Интересно, что гранат по сравнению с ортопироксеном глубоко не проникает внутрь зерна, отсюда, можно сделать вывод по литературным данным, что кристаллизация клинопироксена была более ранней, по отношению к ортопироксену и гранату [1, с. 638].

В образце глубинного ксенолита из трубки *Обнаженная* (ТО-125), в центральной части зерна хромшпинели (которая отвечает по составу, собственно самой шпинели $MgAl_2O_4$) было найдено включение достаточно редкого минерала – близкого кимэнгиту $K(Cr, Ti, Fe, Mg, Al)_{12}O_{19}$. При этом, обнаруживаются сильные отличия в содержание Al_2O_3 . В шпинели из кимберлитовой трубки *Обнаженная* Al_2O_3 существенно больше (20,92 мас. %) чем в самом *имэнгите* [4] Al_2O_3 (от 1,61 до 3,61 мас.%) и других трубках, например, (из кимберлитовых трубок провинции Кимберли, Южная Африка [3] и Венесуэлы [2] провинция Боливия, Южная Америка), в которых ранее был найден этот минерал.

Полагаем, что наши данные являются небольшим, но необходимым вкладом в совокупность данных о сложных процессах не только образования глубинных пород мантии, но и метасоматических процессах их изменения. Комплексное изучение минералогии и петролого-геохимических особенностей глубинных ксенолитов высокоалмазоносной трубки Мир и не алмазоносной трубки *Обнаженная*, контрастных не только по алмазоносности, но и положению в пределах Сибирского кратона позволят проследить характер изменения глубинного материала для разных областей литосферной мантии и связь с минералогией и алмазоносностью кимберлитов.

Литература

1. Бобров А.В., Гаранин В.К., Никифорова А.Ю. Геология алмаза – настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2005 – 1663 с.
2. Peter H. Nixon and Eric Condliffe. Yimengite of K- Ti metasomatic origin in kimberlitic rocks from Venezuela, Mineralogical Magazine, June 1989, Vol. 53, pp. 305-309
3. Stephen E. Haggerty, Ian E. Grey, Ian C. Madsen, A.J. Criddle, C.J. Stanley and A.J. Erlank. Hawthorneite, $Ba [Ti_3Cr_4Fe_4Mg]O_{19}$: A new metasomatic magnetoplumbite-type mineral from upper mantle. American Mineralogist, Vol. 74, pp. 668-675, 1989.
4. <http://rruff.info/doclib/hom/yimengite.pdf>

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АНОМАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МОЛИБДЕН-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ДЖЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Выдрич Д.Е.

devrich@mail.ru, ФГБУ «ВИМС», Москва, Россия

Исследуемая площадь находится в границах Сисимо-Дивногорской золото-молибден-полиметаллической минерагенической зоны, в которой выделяются Сисимский золоторудно-россыпный район и Джетский рудный узел (РУ), специализированный на золото-молибденовое оруденение. Джетский РУ контролируется системой опирающих разломов Восточно-Саянского регионального взбросо-надвига северо-западного простирания и приурочено к полю развития лысанской и манской свит, прорванных группой сближенных штоков и дайкообразных тел гранитоидных пород буюдзульского интрузивного комплекса. В южной части Джетского РУ расположено рудное поле Теплое с молибденовыми рудопоявлениями Теплое 1, Теплое 2, Интрузивное, Восточное, Теплое 3 и золотое рудопоявление Пьеровское.

В Джетском РУ известны несколько генетических типов молибденового оруденения: плутоногенный гидротермальный, грейзеновый, зон кислотного выщелачивания в вулканических полях. Ведущее значение имеет плутоногенный гидротермальный тип, объединяющий кварц-молибденитовую и медно-молибден-порфировую рудные формации, что характерно как для Сорской группы Кузнецкого Алатау, так и для Джетского РУ Восточного Саяна.

Для изучения и анализа аномального геохимического поля (АГП) Джетского РУ использовались химико-аналитические данные полевых работ Мишко Н.С. (1984–1988 гг.) и Заморского С.Л. (2010–2012 гг., 2015–2016 гг.) ОАО «Минусинской геологоразведочной экспедиции» (ОАО «МГРЭ»). Приближенно-количественный спектральный анализ всех отобранных литохимических проб выполнен в лаборатории ОАО «МГРЭ».

Методика интерпретации АГП включала три последовательных этапа: математико-статистический, структурно-геохимический и прогнозно-геохимической оценки.

Математико-статистическая обработка химико-аналитических данных заключалась в расчетах статистических параметров содержания элементов (средние содержания химических элементов, медианные значения, стандартные отклонения, коэффициенты вариации и концентрации). Медианные значения содержания элементов в зависимости от выборок принимались за фоновые содержания площади. Коэффициенты концентраций элементов рассчитывались как отношение средних содержаний к медианным значениям, на основании чего были построены рудно-формационные ряды с выделением геохимических ассоциаций элементов, участвующих в процессах рудообразования.

Проведение корреляционно-парагенетического и факторного анализов базировалось на рассчитанных и построенных матрицах коэффициентов линейной корреляции. Применялся пакет программ комплексной интерпретации геолого-геохимической информации «Gold Digger». На основании матриц корреляционных взаимоотношений содержания элементов с использованием факторного анализа выявлялись и изучались закономерности проявления рудогенных процессов и проводилось выделение ассоциаций сопровождающих элементов-индикаторов.

Структурно-геохимический этап работ представляет собой выявление и построение моноэлементных и комплексных АГП и ореолов рудогенных элементов-индикаторов в различных геологических средах (рыхлые образования, коренные породы).

Этап прогнозно-геохимической оценки включал расчет оптимальных геохимических показателей и параметров по выборкам проб комплексных АГП элементов-индикаторов оруденения, на основании которых проведена прогнозно-геохимическая оценка.

Для общей выборки проб рыхлых отложений рудного поля Теплое рассчитанный геохимический рудно-формационный ряд химических элементов имеет вид: $Au_{1,65}(289)$

Sb_{1,48}(35) Mo_{1,37}(142) Sr_{1,27}(33) Li_{1,12}(46) P_{1,11}(29) Zn_{1,08}(49) W_{1,07}(51) Bi_{1,06}(51). Индекс – коэффициенты концентрации, в скобках – значения коэффициентов вариации. Данный ряд свидетельствуют о проявлении золотого и молибденового оруденения. Молибден имеет значимые положительные корреляционные связи со следующими элементами Mo – W_{0,26} Cu_{0,17} Bi_{0,16} V_{0,15} Sn_{0,15} Co_{0,12} Li_{0,12} Sr_{0,12} Ag_{0,09} Mn_{0,08}. Для золота установлена положительная корреляция с Ag_{0,09} и Pb_{0,06}. Факторным анализом выделяются рудогенные ассоциации элементов для молибдена PF₆(+) Mo_{0,72} W_{0,71} Bi_{0,31} Ag_{0,26} Cu_{0,22} и для золота PF₂(-) Pb_{0,72} As_{0,63} Sb_{0,50} Zn_{0,41} Ag_{0,40} Sn_{0,31} Au_{0,24} Cu_{0,21}.

На основании математико-статистической обработки геохимических проб, анализа матриц линейной и ранговой корреляционных связей, факторного анализа, изучения особенностей распределения моноэлементных и комплексных геохимических ореолов выявлены основные элементы-индикаторы оруденения: Au, Mo, W, Bi, Cu, Ag, Sn, Pb.

Основным геохимическим показателем, усиливающим «положительный сигнал» от оруденения является показатель $M_n = Au \text{ Ч } Ag \text{ Ч } As \text{ Ч } Pb \text{ Ч } Mo \text{ Ч } W \text{ Ч } Bi/me$, представляющий собой ассоциацию произведения содержания элементов-индикаторов, нормированных на их медианные значения. Значения показателя позволяют выявить и оконтурить перспективные рудоносные зоны. Показатель включает реперные элементы-индикаторы выделенных рудно-формационных типов оруденения, имеющие высокие положительные значения коэффициентов корреляции между собой. На минералогическом уровне показатель соответствует совокупности элементного состава рудных минералов рудоносных зон. Чем выше значения показателя (M_n), тем интенсивнее проявление рудных процессов.

Результаты интерпретации АГП Джетского РУ позволяют сделать следующие выводы:

1. Рассчитанный геохимический рудно-формационный ряд химических элементов имеет вид: Au_{1,65}(289) Sb_{1,48}(35) Mo_{1,37}(142) Sr_{1,27}(33) Li_{1,12}(46) P_{1,11}(29) Zn_{1,08}(49) W_{1,07}(51) Bi_{1,06}(51) свидетельствуют о проявлении золотого и молибденового оруденения.

2. Оруденение Джетского РУ отнесено к золото-молибден-порфировой формации с проявлением молибден-порфировой субформации, а также молибден-кварц-березитовой и золото-сульфидно-кварцевой субформации.

3. На южном фланге Джетского РУ (рудное поле Теплое) относительно положения гранитоидных штоков буюдзюльского интрузивного комплекса по эпицентрам вторичных аномалий сегментарно выявлен ряд латеральной геохимической зональности: Mo – W – Bi – Cu – Sn – Ag – (As – Au – Pb) – Zn.

4. Ряд латеральной геохимической зональности первичных ореолов относительно положения молибденового штокверка на рудопроявлении Теплое 2 имеет следующий вид: Mo – W – Bi – Cu – Sn – (Pb, Zn) – Ag – As – Au. Зональность в распределении химических элементов в первичных ореолах тесно связана с метасоматической зональностью вмещающих пород. Уровень среза оруденения — верхнерудный. Ожидаемый вертикальный размах для данного типа молибденового оруденения 600–1000 и более метров [2, 3].

5. По результатам изучения структуры первичных геохимических моноэлементных и мультипликативных ореолов на рудопроявлении Теплое 2 предполагается подковообразная морфология штокверкового молибденового оруденения, что находит отражение в поперечных геохимических разрезах с ожидаемым перспективным северо-западным флангом, требующим заверки бурением поисковых скважин.

Литература

1. Беус А.А., Григорян С.В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых, М. : Недра, 1975, 280 с
2. Поиски, разведка и оценка месторождений молибдена / М-во геологии СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т минер. сырья. / под ред. В. Т. Покалова. М., Недра, 1984, 199 с.
3. Рундквист Д.В., Неженский И.А. Зональность эндогенных рудных месторождений. Л. : Недра, 1975. 224 с.

ТЕРМОМЕТРИЯ ЦИРКОНА БАДЬЯЮСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Денисова Ю.В.

yulden777@yandex.ru, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

Изучение геохимических и морфологических особенностей циркона, являющегося одним из наиболее важных минералов-индикаторов, позволяют получить различного рода информацию (возраст формирования породы и наложенных процессов, кислотность – щелочность среды минералообразования и др.), а так же использовать этот минерал в качестве геотермометра.

В данной работе были определены температуры кристаллизации акцессорного циркона из Бадьяюского массива. Изученный массив представляет собой согласное пластообразное тело, сложенное светло-серыми массивными среднезернистыми лейкогранитами, которое расположено в долинах рек Малая и Большая Бадьяю (Приполярный Урал).

Для определения температурного режима кристаллизации минерала использовалась методика эволюционного кристалломорфологического анализа цирконов Ж.П. Пюпина и Г. Тюрко [4, 5]. Учеными была установлена тесная связь между обликом кристаллов циркона с одной стороны и химизмом среды и температурой кристаллизации с другой, согласно которой наличие и развитие призм (100) и (110) у кристалла циркона зависит от изменения температуры кристаллизации минерала, а появление и преобладание дипирамид (311), (111) и (331) связано с особенностями химизма среды минералообразования.

Изучение цирконов Бадьяюского массива с помощью классического эволюционно-морфологического анализа показало, что кристаллы по своей морфологии соответствуют таким типам, как D, P₃, P₄, P₅, F. Учитывая, что каждый выделенный тип циркона кристаллизовался при определенной температуре, мы можем определить температурный диапазон формирования пород рассматриваемого массива. Так, цирконы морфотипа D с формой, обусловленной развитием призмы (110) и дипирамиды (111), выделяются при высокой температуре (T = 900 °C). Цирконы, выделяемые в морфотипы P₅, P₄, P₃, характеризующиеся гранями (100), (110), (111), образуются при температуре 850, 800, 750 °C. Облик кристаллов, относящихся к типу F, обусловлен развитием граней (100) и (331), что, по мнению выше названных авторов, так же свидетельствует о высокой температуре кристаллизации (T = 900 °C). Это позволяет утверждать, что граниты Бадьяюского массива образовались при высокой температуре, находящейся в диапазоне от 750 до 900 °C.

Необходимо отметить, что с помощью анализа Ж. Пюпина и Г. Тюрко можно так же получить информацию о температурных режимах для разных этапов гранитообразования.

Цирконы Бадьяюского гранитного массива отличаются по окраске, облику кристаллов и удлинению. По этим признакам выделяются три морфотипа этого минерала [1].

Первый морфологический тип наиболее распространен в гранитах Бадьяюского массива и представлен преимущественно бесцветным (иногда отмечаются и светло-желтые разности) прозрачным короткопризматическим цирконом. Облик кристаллов обусловлен развитием призм (110), (100) и дипирамид (111), (331). Размер кристаллов 0,15-0,25 мм. Коэффициент удлинения 1,0-2,0. Поверхность граней гладкая, блестящая. Содержание цирконов первого типа оставляет 65-75% от общего объема этого минерала в породе. Коричневый короткопризматический прозрачный циркон выделен во второй морфологический тип. Развита грани (100), (110). Присутствует дипирамида (111), в отдельных случаях отмечается (331). Размер таких кристаллов 0,05-0,15 мм. Коэффициент удлинения 1,0-1,5. Поверхность гладкая, блестящая. Содержание цирконов второго типа в монофракциях гранитов Бадьяюского массива в среднем 15-25% от общего объема минерала в породе. Третий морфологический тип составляют преимущественно бесцветные (встречаются светло-желтые, редко коричневые) прозрачные идиоморфные цирконы длиннопризматического габитуса. Размер кристаллов 0,5-0,9 мм, коэффициент удлинения 2,5-4,0. Облик кристалла, обусловленный развитием граней (100), (110), (331). Содержание циркона данного морфологического типа 10-15% от общего содержания минерала в породе.

Учитывая, что одним из основных элементов-примесей в цирконе является гафний, отличительной особенностью поведения которого является его постепенное накопление относительно циркония в процессе формирования породы. Для разделения рассматриваемых типов с помощью микрондового анализа (микрондовый анализ выполнен в Институте геологии КНЦ УрО РАН, Vega3 Tescan, аналитик Шевчук С.С.) были получены данные по содержанию гафния в каймах кристаллов. Это позволяет на основе средних содержаний этого элемента предположить последовательность выделения каждого морфологического типа циркона для изученных массивов Приполярного Урала, тем самым определить характерный морфотип минерала для каждого этапа гранитогенеза [1]. Согласно этим данным, на раннем этапе формирования гранитов происходило образование коричневого короткопризматического циркона, а на завершающей стадии – кристаллизация прозрачного короткопризматического циркона (II (1,18 мас. %) → III (1,37 мас. %) → I тип (1,49 мас. %)).

Изучение распределений типов цирконов по Ж. Пюпину и Г. Тюрко по морфотипам с учетом их последовательности кристаллизации позволяет утверждать, что на раннем этапе образования минерала температура минералообразующей среды была максимально высокой и составляла в среднем 890 °С (табл. 1). Далее происходило постепенное снижение температуры, которая на завершающем этапе в среднем уже составляла 849 °С.

Таблица 1

Средние температуры кристаллизации циркона Бадьяюского массива по морфотипам

Морфотип	Типы цирконов по Ж. Пюпину и Г. Тюрко					Средние температуры, °С
	D	F	P ₅	P ₄	P ₃	
I	12	11	10	10	7	849
II	25	15	10	0	0	890
III	20	10	10	8	2	868

Таким образом, исследование акцессорного циркона Бадьяюского гранитного массива с помощью эволюционного кристалломорфологического анализа цирконов Ж. П. Пюпина и Г. Тюрко позволило сделать вывод о том, что формирование гранитов изученного массива происходило при высокой температуре, находящейся в диапазоне от 750 до 900 °С. Полученные автором термометрические данные показывают, что температуры формирования гранитов являются более высокими, чем это считал М. В. Фишман и его коллеги [3], которые полагали, что температура образования гранитов Бадьяюского массива не превышает 720 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-17.

Литература

1. Денисова Ю.В. Типоморфические и типохимические особенности акцессорных цирконов гранитоидов Приполярного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, № 5, 2014. – С. 9-16.
2. Денисова Ю. В. Термометрия циркона из гранитоидов Приполярного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, № 12, 2016. С. 37-44.
3. Фишман М.В., Юшкин Н.П., Голдин Б.А., Калинин Е.П. Минералогия, типоморфизм и генезис акцессорных минералов изверженных пород севера Урала и Тимана. М. – Л. : Наука, 1968. 252 с.
4. Pupin J.P., Turco G. Le zircon accessoire en géothermométrie // C.R. Acad. Sci. Paris. 1972. V. 274. № 2. P. 212 – 214.
5. Pupin J.P. Zircon and granite petrology // Contrib. Miner. Petrol. 1980. Vol. 73. P. 207-220.

ПЕРВИЧНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСЧАНКА (ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА)

Джеджея Г.Т.

jejeya@yandex.ru, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Месторождение Песчанка входит в состав Баимской меднорудной зоны, расположенной на территории Билибинского района Чукотского автономного округа.

Месторождение приурочено к восточному эндоконтакту раннемелового Егдыгкичского габбро-монзонит-сиенитового массива и представляет собой рудный кластер из трёх штокверков (Главного, Центрального и Южного) субмеридионального простирания.

Рудные штокверки представляют собой сеть тонких частых сульфидных прожилков в кварц-серицитовых и кварц-калишпатовых метасоматитах, образующих седловидные тела протяженностью более 1 км и мощностью более 500 м. Главные минералы, слагающие прожилково-вкрапленные руды – пирит, халькопирит, борнит, второстепенные – блеклые руды, молибденит, галенит, сфалерит, редкие – самородное золото и др.

В составе руд и первичных ореолов наибольшую степень концентрации, помимо меди, имеют Mo, Au, Ag, Bi, Se, Te, As, Sb, Zn, Pb, Cd, Fe, Mn, входящие в состав минералов различных этапов и стадий рудоотложения. Пространственное распределение элементов выявлялось путем построения погоризонтных геохимических планов и разрезов и статистической обработкой результатов анализов керновых проб.

Проведенными построениями и корреляционным анализом между содержаниями химических элементов выявлено пространственное обособление 3-х геохимических ассоциаций: элементов группы железа (Fe, Co, Ni), медно-молибден-благороднометальной (Cu, Ag, Au, Mo, As, Sb, Se, Te, Bi) и полиметаллической (Pb, Zn, Cd, S, Mn).

Обработка результатов анализа проб методом факторного анализа позволила выделить в составе групп шесть ассоциаций химических элементов (по количеству факторов), которые соответствуют основным стадиям рудоотложения.

Для определения связи геохимических ассоциаций со стадиями рудоотложения был проведен корреляционный анализ между значениями факторов и содержанием главных рудных минералов, оцененных при документации соответствующих интервалов керна скважин. В результате этого анализа факторы получили следующую интерпретацию: 1) F4 (FeMn) по корреляционной связи с содержанием пирита и магнетита – как ассоциация предрудной пиритовой стадия порфиривого этапа; 2) F5 (Mo(CuSe)) по корреляции с количеством халькопирита и молибденита – как ассоциация раннепродуктивной стадии порфиривого этапа; 3) F6 (CuAuAg(SeBiAs)) по корреляции с содержанием борнита и халькопирита – как ассоциация позднепродуктивной стадии порфиривого этапа; 4) F2 (SbAs(CuAgMo)) по корреляции с количеством блеклых руд – как ассоциация блеклово-рудной стадии, формирующейся в конце порфиривого и в субэпитептермальный этап развития ПЭС; 5) F1 (PbZnCd(AuTeAgMnSe)) по корреляции с содержанием сфалерита, галенита, халькопирита – как ассоциация полиметаллической минерализации субэпитептермального этапа; F3 (BiTe(SeCdFeAg)) – как эпитептермальная ассоциация, присутствующая как среди борнитовых руд позднепорфириковой стадии, так и в полиметаллических жилах, не имеющая сколь-либо широкого распространения.

Выявление многовекторной зональности месторождения проводилось путем картирования геохимических ассоциаций на погоризонтных планах и поперечных разрезах. В составе латеральной зональности выделяется две составляющие – поперечная и продольная.

Поперечная зональность проявлена в смене ассоциаций от внутренней зоны к внешним: SbAs{Cu} – (CuAuAg) – BiTe(Se)-Mo{Cu} – PbZn {BiTe(Se)} – MnFe, что соответствует классическому строению порфириковых штокверков, включающих седловидную за-

лежь, контур которой выделяется по развитию халькопирит-молибденитовой минерализации раннепорфирового этапа. Внутри контура выделяется богатая ядерная часть, сложенная борнитовыми рудами с наложенной блекловорудной и благороднометальной минерализацией. Пирит-магнетитовая «оболочка» обрамляет рудные штокверки. Между внешним обрамлением и ядерной частью располагается основной объём субэпитермальной Pb-Zn минерализации. Во внутренних частях штокверков она присутствует ограниченно.

Продольная геохимическая зональность рудного кластера проявляется в последовательном сокращении геохимических ассоциаций с юга на север. В Главном штокверке проявлены все 6 геохимических ассоциаций и наблюдается наиболее высокие содержания входящих в их состав элементов. В Центральном штокверке резко падает интенсивность ореолов всех элементов, сокращается объём развития главной продуктивной ассоциации CuAuAg и появляется асимметрия в их распределении на крыльях седловидной залежи. В Северном штокверке малозначительную роль играют практически все ассоциации поздних стадий, а также резко уменьшается роль богатой борнитовой минерализации.

Для определения вертикальной геохимической зональности и выявления критериев оценки уровня эрозионного среза оруденения по выбранным разведочным профилям рассчитывались средневзвешенные содержания элементов на интервал 100 м. Выявления вертикальной зональности проводилось по программе «НЮ-2» [Соловов и др., 1990].

Выявленные ряды вертикальной зональности по штокверкам имеют вид (снизу – вверх): Главный (линия 9): As-Sb-Bi-Se-Te-Mo-Au-Fe-Cu-Mn-Ag-Pb, Zn; Центральный (линия 22): Mo-Cu-Au-Ag-Sb-As-Bi-Se-Fe-Mn-Pb-Zn; Северный: Sb-Au-Cu-Ag-As-Mo-Bi--Se-Pb-Mn-Zn-Fe.

Низкое положение в ряду As и Ag объясняется тем, что по мере деградации рудно-магматической системы субэпитермальная и эпитеpмальная минерализация отлагалась все ближе к очагу, продуцирующему гидротермальный флюид. Область отложения более поздних стадий постоянно сокращалась, а объёмы продуцируемой минерализации уменьшались.

Для оценки уровня эрозионного среза порфирово-эпитеpмальной системы использовался показатель зональности $v_1 = \text{AgPbZn/CuAuMo}$. В числителе дроби представлена геохимическая ассоциация, которая соотносится с составом субэпитеpмальных руд, развитых на флангах. Медно-порфирового оруденение представлено CuAuMo и отображено в знаменателе. Значение показателя колеблется в пределах пяти порядков (от 10^{-3} до 10^2). Для определения значений показателя, соответствующих уровням эрозионного среза 0,2 и 0,8 использовались бортовые содержания в «эталонном» разрезе. В верхней части разреза они достигались при значениях показателя 2000, в нижней – 2. На основе этих данных уровень среза месторождения в целом можно охарактеризовать как верхнерудный. Расчёты средних значений показателей для каждого штокверка месторождения Песчанка позволили установить следующую последовательность по степени их эродированности: (от большей к меньшей): Северный – Центральный – Главный.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00296 мол_а.

Литература

1. Бакшеев И.А., Николаев Ю.Н., Прокофьев В.Ю. и др. Золото-молибден-медно-порфирово-эпитеpмальная система Баимской рудной зоны, Западная Чукотка // Металлогения древних и современных океанов-2014. Двадцать лет на передовых рубежах геологии месторождений полезных ископаемых. Миасс : Инст. минералогии УрО РАН, 2014. С. 108-112.
2. Соловов А.П., Архипов А.Я., Бугров В.А. и др. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. М. : Недра, 1990.
3. Читалин А.Ф., Усенко В.В., Фомичев Е.В. Баимская рудная зона — кластер крупных месторождений цветных и драгоценных металлов на западе Чукотского АО // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 6. С. 68-73.
4. Sillitoe R.H. Porphyry copper systems // Econ. Geol. 2010. Vol. 105. P. 3-41.

СТРУКТУРЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИТОВ АТИХСКОГО КОМПЛЕКСА (МУРЗИНСКО-АДУЙСКИЙ МАССИВ, СРЕДНИЙ УРАЛ)

Залесская Т.А. (Научный руководитель Утенков В.А.)
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Граниты Ватихского комплекса слагают западную часть Мурзинско-Адуйского массива. Для них характерно присутствие реликтов в разной степени изменённых вмещающих пород (амфиболитов и биотит-амфиболовых сланцев), а также признаков низкотемпературных изменений (окварцевания и каолинизации). Магматическая кристаллизация, судя по изучению шлифов, отличается от восточной части массива (мурзинского комплекса) более сильным развитием позднемагматической стадии.

По внешнему облику граниты ватихского комплекса весьма неоднородны. Среднезернистые граниты часто переходят в крупнозернистые и даже пегматоидные разновидности. Характерна бежево-розовая окраска из-за большого содержания калиевого полевого шпата. В наиболее однородных среднезернистых разновидностях присутствуют кварц (30-35%), плагиоклаз (30-40%), калиевый полевой шпат (25-30%), биотит (до 5%), магнетит, апатит, циркон. Есть участки, где видно укрупнение и увеличение доли калиевого полевого шпата и кварца, тогда как количество плагиоклаза уменьшается. Здесь же происходит перераспределение мелкого магнетита в крупные (до 1 см) сегрегации. Ранний вторичный минерал – мусковит по калиевому полевому шпату, поздние вторичные образования – мирмекиты, хлорит по биотиту, гнёзда серицита по плагиоклазу.

Наиболее интересны взаимоотношения между породообразующими минералами магматической стадии с образованием весьма необычных структур.

Первыми из расплава выделялись плагиоклаз и кварц. Начальный плагиоклаз не сохранился и, судя по реликтовым участкам, нацело замещённым серицитом и глинистыми минералами, имел высокую основность (андезин). Внутри этих вторичных агрегатов встречаются участки раскисленного плагиоклаза до An_{33} , но уже устойчивого перед вторичными изменениями. Кварц образует крупные зёрна, равновесные с плагиоклазом. В отличие от гранитов восточной (мурзинской) части комплекса, западные (ватихские) граниты не содержат дополнительных регулярных кварцевых вростков внутри раскисленного плагиоклаза. Внутри более позднего калиевого полевого шпата ранний кварц полностью растворяется, а плагиоклаз часто сохраняется в реликтах, представляя элементы монцонитовой структуры. Эти реликты, имеющие относительно основной состав, продолжают раскисляться до An_{20} , после чего возникает временное межполевошпатовое равновесие, а в плагиоклазе появляются мелкие округлые включения кварца второй генерации. Затем края реликтов плагиоклаза превращаются в альбит (без включений кварца), а сами реликты приобретают контур таблиц, равновесных с калиевым полевым шпатом.

Последовательное раскисление плагиоклаза в равновесии с кварцем вызвано снижением температуры. Появление калиевого полевого шпата без пертитов распада – признак накопления воды в расплаве. Равновесие альбита и калиевого полевого шпата соответствует $T=700\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $P_{H_2O}=500\text{ МПа}$ [4].

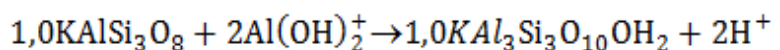
Отличительная особенность гранитов ватихского комплекса состоит в появлении ещё одной – третьей (позднемагматической) генерации кварца, равновесного с калиевым полевым шпатом. Кварцевые «шарики» внутри калиевого полевого шпата образуют группы включений, а иногда кварц вместе с калиевым полевым шпатом новой генерации оказываются внутри более крупного раннего калиевого полевого шпата. Эта специфическая особенность ватихских гранитов, вероятно, связана с фтором. Но если в мурзинских гранитах с фтором из расплава во флюид выносятся калий и кварцевые «шарики» сосредоточены в плагиоклазе, то здесь во флюид выносятся натрий, обогащая расплав калием. Поэтому

западные ватихские граниты выглядят значительно более калишпатовыми, чем восточные мурзинские. Разница связана с тем, что при общей фторидности расплав ватихских гранитов более насыщен водой. Вода в целом понижает температуру кристаллизации и с достижением максимальной концентрации в расплаве удаляется из него при дегазации, а химически активный фтор, напротив, накапливается (вместе с калием).

Именно последняя стадия обнаруживает резкое отклонение от порядка кристаллизации. Появление своеобразных кварц-калишпатовых симплектитов может быть вызвано только проникновением внутрь раннего калиевого полевого шпата неравновесного, химически агрессивного и гидрофильного флюидно-солевого расплава с Na и F (Na_3AlF_6). Участие в нём Na (а не K) характерно для не слишком высоких температур ($\leq 800^\circ\text{C}$) неоднократно доказывалось в экспериментах [1 и др.]. С ним всегда сопряжён остаточный силикатный расплав, в отличие от солевого, богатый SiO_2 . Поэтому на месте растворения калиевого полевого шпата появляются многочисленные округлые вроски кварца (след «прожигания» флюидом матрицы калиевого полевого шпата и заполнения полостей кварцем). Иногда полости растворения заполняются не только кварцем, но и переотложенным калиевым полевым шпатом. Это подтверждает, что процесс отделения силикатного и флюидно-солевого расплавов совпадает с завершением кристаллизации гранита. Отделяющийся силикатный расплав из-за декомпрессии и обезвоживания адиабатически разогревается. Равновесие кварца и переотложенного калиевого полевого шпата оказывается более высокотемпературным (не 700° , а $>730^\circ\text{C}$ [5]). Обезвоживание и повышение температуры расплава происходит и при образовании многочисленных аналогичных по составу крупнокристаллических жилородных обособлений. В них кроме кварца присутствует пертитовый калиевый полевой шпат с примесью гематита (признаки повышения температуры и обезвоживания), а плагиоклаз частично растворяется в расплаве.

Разогретый и приобретающий мобильность расплав, вероятно, является основой образования пегматитов адуйского поля, как в своде развивающейся антиклинали, так и за его пределами. Похожее перемещение из аналогичного по форме гранитного массива (гарполита) испытывают фтористые пегматиты Верхоянья [3].

Первые вторичные изменения гранитов тесно связаны с появлением симплектитов кварца в калиевом полевым шпате. Часто вдоль границы с индифферентным кварцем по калиевому полевому шпату развивается мусковит в щелочной реакции (протоны справа):



Поскольку кварц не образуется, реакция рассчитана на сохранение Si. Алюминий, вынесенный на магматической стадии с фтором, поступает обратно в породу в гидратированной форме [2].

Последующие изменения носят массовый характер и начинаются с кислотного образования мирмецитов. Затем на стадии аргиллизации идёт обильная серицитизация и альбитизация плагиоклаза вместе с окварцеванием и карбонатизацией гранита.

Литература

1. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. Фазовые отношения в ликвидусной части гранитной системы с фтором // Геохимия. 1993, № 6. С. 821-839.
2. Иванов А.П., Ткаченко Н.А. Анализ парагенезисов минералов и моделирование зональности кислотных метасоматитов // Экспериментальное и теоретическое моделирование процессов минералообразования. М. : Наука, 1998. С. 173-188.
3. Утенков В.А., Фесенко М.А. Условия кристаллизации гранитов и пегматитов Тарбаганахского массива (Куларский хребет, Верхоянье) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2015. № 1. С. 12-21.
4. Morse S.A. Alkali Feldspar–Water at 5 kb // Carnegie Institution of Washington. – Year Book 67 (1967-1968). P. 120-126.
5. Shaw H.R. The from-phase curve sanidine – quartz – gas between 500 and 4000 bars // Amer. Mineralogist, v. 48, № 7-8, 1963. P. 883-896.

СТРУКТУРНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ ПОРОД РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Зинчук Н.Н.

nnzinchuk@rambler.ru, Западно-Якутский научный центр АН РС(Я),
Мирный, Россия

Выветривание представляет собой глобальный процесс физико-химического преобразования пород как в субаквальных, так и в субаэральных условиях. Процесс выветривания затрагивает практически все слагающие верхнюю оболочку Земли породы, т.е. изверженные, метаморфические и осадочные, включая карбонатные и хемогенные разности последних. Наиболее четкие закономерности указанного процесса наблюдаются в профилях выветривания алюмосиликатных пород (особенно изверженных), отдельные разности которых характеризуются выраженной контрастностью как по химическому составу, так и по минералогическим особенностям. Однако для выяснения некоторых частных вопросов минералогии кор выветривания (КВ) при сравнительном анализе различных типов элювиальных продуктов весьма важные данные могут быть получены также при изучении кор и на осадочных породах. Механизм гипергенного преобразования различных гипогенных минералов определяется их структурными особенностями. Так, минералы островной (оливин), цепочечной (пироксены), ленточной (амфиболы) и каркасной (полевые шпаты) структур в процессе выветривания подвергаются последовательному растворению. В отличие от этого, слоистые силикаты (к группе гипогенных разновидностей которых относятся главным образом слюды и в меньшей степени хлориты и серпентиновые минералы) в зоне гипергенеза испытывают гамму различных твердофазных трансформаций. В результате этого из продуктов преобразования первичных минералов в каждой зоне возникают новые вторичные образования. Наиболее четкие закономерности указанного процесса наблюдаются в профилях КВ алюмосиликатных пород (особенно изверженных). *Бесслюдистые кислые породы* (типа *лейкократовых гранитов* о.Ольхон на Байкале), содержат до 54% микроклина, 22% олигоклаза, 16% кварца и 4% слюды (мусковита и биотита). В нижней зоне профиля КВ такие породы характеризуются появлением лишь небольшого количества (~4%) слабо упорядоченного преимущественно $Al-Fe^{3+}$ -монтмориллонита ($b=0,894$ нм) и галлуазита ($b=0,894$ нм). Вследствие неустойчивости монтмориллонита по мере последовательного снижения щелочности среды из продуктов его разложения формируется каолинит ($b=0,890$ нм) в виде относительно крупных пачек как по оси c , так и в плоскости ab , а доля галлуазита снижается. *Бесслюдистые основные породы* (типа *амфибол-плаггиоклазовых гнейсов архея*) представлены на 60% плаггиоклазом типа андезин-лабрадора и на 40% амфиболом. В нижней зоне профиля КВ этих пород содержится примесь монтмориллонита, который относится преимущественно к триоктаэдрической $Mg-Fe^{2+}$ -разновидности ($b=0,918$ нм). В средней зоне возникают промежуточные разновидности минерала ($b=0,900$ нм), за счет продуктов деструкции которого развивается каолинит ($b=0,892$ нм). Последний имеет более высокую степень совершенства структуры с политипной модификацией $1T_k$. Каолинит в профиле выветривания этих пород характеризуется повышенной дисперсностью. Здесь усиливается процесс возникновения промежуточных фаз с элементами ди-триоктаэдрического заселения октаэдрических позиций в их структуре, т.е. образованием ди-триоктаэдрического $Mg-Fe^{3+}$ -монтмориллонита ($b=0,908$ нм). Возрастает содержание каолинита, в котором одновременно повышается степень совершенства структуры. В отличие от рассмотренных выше бесслюдистых пород, *слюдистые образования* (типа *терригенно-карбонатных отложений* нижнего палеозоя Западной Якутии), содержат в нижней зоне профиля КВ диоктаэдрическую гидрослюду ($b=0,900$ нм) в виде смеси политипных модификаций $1M$ и $2M_1$ ($1M > 2M_1$), триоктаэдрический хлорит ($b=0,922$ нм) и серпентин ($b=0,935$ нм). В средней зоне КВ рассматриваемых пород хлорит и серпентин полностью исчезает. Подвергается существенной деградации также гидрослюда $1M$ (как менее устойчивая по сравнению с $2M_1$), причем трансформационные процессы в структуры гидрослюды $1M$ обуславливает увеличение количества разбуха-

ющих слоев, а гидрослюда $2M_1$ остается относительно стабильной. Возникающие монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования (МГСО) в кислой среде, свойственной верхней зоне КВ, быстро подвергается деструкции с образованием полубеспорядочного в структурном отношении каолинита. В результате указанных трансформаций содержание гидрослюда $1M$ к верхам профиля резко снижается ($2M_1 > 1M$). Изученные нами разности *ультраосновных пород* (*кимберлиты* Сибирской платформы) представлены агрегатами серпентина из слоев типа *A* и *B* ($b=0,929$ нм) и кальцита с рассеянными выделениями магнетита, а также разнообразными псевдоморфозами по оливину и переменным количеством вкрапленников флогопита. В нижней зоне КВ таких пород содержится примесь хлорита ($b=0,920$ нм), сепиолита, ди-триоктаэдрического Mg-Fe³⁺-монтмориллонита ($b=0,905$ нм) и гидрослюда ($b=0,900$ нм) $1M$, ассоциирующей с МГСО, относящимися

в последних двух случаях в продуктах частичной диоктаэдризации флогопита. В средней зоне отмечается последовательное увеличение количества гидрослюда, а серпентин представлен только слоями *A*. Увеличивается также содержание Mg-Fe- и Mg-хлорита, а также Mg-Fe³⁺-монтмориллонита. Смешанослойная фаза характеризуется тенденцией к упорядоченному чередованию преобладающих – неразбухающих пакетов с подчиненными – разбухающими.

Таким образом, приведенные данные показывают, что формирование отдельных зон в профиле выветривания различных типов бесслюдистых и слюдистых пород (от кислых до ультраосновных включительно) определяется не только их минералогией и гидрохимией среды на разных уровнях выветривания, но и структурными особенностями породообразующих минералов и механизмом их преобразования в зоне гипергенеза. Главнейшим процессом изменения бесслюдистых пород является растворение исходных минералов и, в зависимости от скорости выноса подвижных элементов из системы минералообразования и соответствующих изменений кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных параметров, последовательно развивающийся синтез определенных минералов или их ассоциаций. Указанный механизм преобразования исходных пород и возникновения в различных зонах профиля выветривания пород минеральных фаз подчеркивается характером взаимоотношения между первичными и вторичными минералами. В профилях выветривания ультраосновных пород (в кимберлитах), однотипные минералы, встречающиеся как в основных, так и ультраосновных разностях пород, учитывая принцип универсальности, характеризуются близким механизмом преобразования. Особенностью гипергенного процесса в этих породах на раннем его этапе благодаря длительному сохранению высокощелочной среды является в основном лишь перекристаллизация относительно высокотемпературной политипной модификации серпентина *B* в наиболее низкотемпературную – *A*. Особенностью изменения пород (от кислых до ультраосновных) уже в нижней зоне является возникновение за счет первичных гипогенных минералов (триоктаэдрических слюд) гипергенного хлорита. В средней зоне наибольшее развитие имеют разбухающие минералы. Указанные минералы в основных и ультраосновных породах относятся не только к собственно диоктаэдрическому, но и близкому к триоктаэдрическому с прогрессирующей диоктаэдризацией последнего вверх по профилям выветривания. Сравнительный анализ рассмотренных выше КВ показывает, что наряду с минералогическими особенностями исходных пород и гидрогеохимическими условиями среды важное значение в формировании элювиальных продуктов имеют также три следующих фактора. Первый – это степень структурной упорядоченности первичных минералов. Второй связан с унаследованностью этих свойств вновь возникающими фазами. И третий включает универсальность процесса преобразования гипогенных и образования гипергенных минералов в профилях выветривания, развитых на различных типах пород. Указанная методология позволяет дифференцировать на структурном уровне одни и те же видовые разновидности первичных минералов, а также идентифицировать вторичные слоистые силикаты, различающиеся в последнем случае либо характером заселения октаэдрических позиций в их структуре, либо способом взаимного наложения отдельных силикатных слоев в структуре этих минералов или их политипией.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ ПОРОД ТАЛЯИНСКОГО ГАББРО-ДОЛЕРИТОВОГО КОМПЛЕКСА УСТЬ-БЕЛЬСКОГО р-на КОРЯКИИ

¹Карманов Е.Н., ¹Утенков В.А., ²Моисеев А.В.

¹Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия;

²ГИН РАН, Москва, Россия

В работах предшественников породы Таляинского комплекса рассматривались как меланократовое основание базальт-кремнистых пород средней юры – раннего мела [1]. Их возраст и строение остаются не ясными. Актуальность их изучения обусловлена находками сотрудниками ГИН РАН базальт-кремнистых пород кампанского возраста [2], которые тектонически перекрывают габбро-долериты и имеют важное значение для тектоники Корякского нагорья. Приводимые исследования являются частью комплексного изучения пород и нацелены на изучение их петрографического строения. Важной задачей является попытка определения формы залегания габбро-долеритового комплекса, которая может трактоваться как штоки, тектонические блоки или линзы с неясным залеганием.

Изучение шлифов показало, что при кажущейся хорошей сохранности минералов и структур габбро-долериты оказываются сильно изменёнными. Причина этих изменений представляет проблему выбора между внешним источником растворов и аутометасоматозом.

В габбро-долеритах, несмотря на обилие вторичных минералов, сильно затушёвывающих первичные магматические структуры, различимы признаки фракционной кристаллизации и обособлений, соответствующих разным стадиям. В ассоциацию минералов раннемагматической стадии входят клинопироксен, плагиоклаз и магнетит. Размер зёрен ранних минералов достигает 2 мм. Бесцветный клинопироксен (авгит) имеет угол угасания $C:N_g=45^\circ$ и отличается повышенным значением угла оптических осей $2V=\geq+70^\circ$. Пироксен корродирован роговой обманкой магматической стадии и часто замещён вторичными минералами. Плагиоклаз (An_{60-56}) имеет очень слабую зональность и образует длинные таблицы, в том числе и внутри пироксена (пойкилоофитовая структура). Рудный минерал (магнетит) присутствует в большом количестве (~5%), но он всюду частично замещён поздними актинолитом и хлоритом, из-за чего приобретает скелетную структуру. Позднемагматическая роговая обманка обычно окаймляет зёрна пироксена с признаками коррозии. Она имеет густую буро-зелёную окраску, простые и дополнительные тонкие двойники. Судя по положительному углу $2V=+70^\circ$, это эденит. На периферии эта роговая обманка замещается агрегатом мелких зёрен уже оптически отрицательной обыкновенной роговой обманки, начинающей стадию постмагматических изменений.

Кроме этих двух стадий магматической кристаллизации (клинопироксен, плагиоклаз, магнетит, плюс роговая обманка), в породе встречаются весьма примечательные мелкие участки линзовидной формы. Они не содержат цветных минералов и сложены плагиоклазом поздней генерации (An_{50}) и калиевым полевым шпатом. Их сочетание даёт возможность оценить условия завершающей стадии магматической кристаллизации. Преобладающим является плагиоклаз, а калиевый полевой шпат, иногда имеющий неровное угасание, либо обнаруживается на стыках торцевых граней плагиоклаза, либо (чаще) протягивается вдоль его боковых границ. Иногда оба минерала образуют очень тонкие чередующиеся слои, что видно только при большом увеличении. Наиболее вероятно, что плагиоклаз в межзерновом пространстве начал выделяться первым, а затем они оба продолжали выделяться совместно, находясь в структурном равновесии без растворения и инконгруэнтного замещения.

Совместный слоевой рост плагиоклаза (An_{50}) и калиевого полевого шпата – ключевое событие для оценки условий кристаллизации. Сам факт слоевого (или гранного) роста [4] представляет процесс, который в 10^6 медленнее «нормального» роста, ориентированного по нормали к поверхности в любой её точке (лучистые структуры). Слоевого роста происходит в стационарных условиях без пересыщения или переохлаждения.

Равновесная кристаллизация плагиоклаза с высокой основностью и калиевого полевого шпата без Na (без пертитов распада) возможна только при высоком давлении воды (500 МПа) [5]. При этом, чем выше температура, тем более основной плагиоклаз находится в равновесии с калиевым полевым шпатом (при 700 °С – An₀, а при 770 °С – An₄₂). Можно предположить, что для An₅₀ температура такого равновесия будет около 800 °С. Высокому давлению воды в расплаве габбро-долеритов соответствует полное отсутствие деанортитизации плагиоклаза. Это связано с тем, что при повышенном давлении воды (>150 МПа) вязкость расплава уменьшается на несколько порядков и химический способ растворения воды в расплаве уступает место молекулярному [3].

Накопление воды в остаточном расплаве вполне согласуется с обилием вторичных водосодержащих минералов. Они в первую очередь замещают роговую обманку, в меньшей степени развиваются по пироксену и магнетиту и практически не затрагивают плагиоклаз.

Сначала крупная первичная роговая обманка замещается зернистым агрегатом также буро-зеленой роговой обманки, но уже оптически отрицательной (2V=–60°). Затем она становится агрегатной мелкоигльчатой, заполняющей пространство между таблицами плагиоклаза. Часто она находится внутри крупного высокодвупреломляющего хлорита, который агрессивно проникает внутрь пироксена. Затем образуется новая пара вторичных минералов: низкодвупреломляющий хлорит с аномальными цветами интерференции, внутри которого находятся длинные иглы светлого актинолита. В большинстве случаев все эти вторичные минералы, замещающие пироксен и первичную роговую обманку, не нарушают общей структуры породы. Лишь иногда они заполняют трещины, осевую часть которых выполняет хлорит, а актинолит преобладает на краях и растёт внутрь прожилков.

Актинолит и хлорит образуют сеть прожилков внутри магнетита, придавая ему скелетную форму. Иногда магнетит, окружённый сплошным актинолитом (без хлорита), полностью замещается гематитом, вокруг которого на границе с плагиоклазом образуется кайма эпидота. Здесь Fe³⁺ расходуется не на хлорит, а на образование гематита и эпидота.

Приведенные данные показывают, что завершение фракционной кристаллизации габбро-долерита и начало метасоматических изменений приходится на высокую температуру при высоком водном давлении. Это возможно в случае наличия кровли (верхнего экрана) над габбро-долеритами. Последующее остывание идёт крайне медленно, на что указывает диффузионный тип образования псевдоморфоз, причём только по цветным минералам и магнетиту без замещения плагиоклаза. Снижение температуры меняет набор минералов, но не меняет исходную структуру. Единичные микрополости заполняются при зональном отложении тех же минералов, что и в псевдоморфозах.

В отличие от широко распространённых в разных регионах дайковых долеритов, где практически отсутствуют вторичные изменения, изученное тело, по-видимому, представляет пологую или даже субгоризонтальную пластовую интрузию (силл), что должно учитываться при дальнейших тектонических интерпретациях.

Работы выполнены при финансировании гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-132.2017.5.

Литература

1. Легенда Корякской серии Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000 (Чукотская часть). – Анадырь, 1999. – 120 с. (текст.прил. 6, граф. прил. 3).
2. Палечек Т.Н., Моисеев А.В., Гульпа И.В. Тектоностратиграфия мезозойских комплексов Северо-Западной части корякского нагорья, район усть-бельских гор // Стратиграфия. Геологическая корреляция – Т. 24, № 4, 2016. – С. 55-81.
3. Персиков Э.С. Вязкость магматических расплавов. М. : Наука, 1984. – 160 с.
4. Чернов А.А. Процессы кристаллизации // Современная кристаллография. Т. 3. – М. : Наука, 1980. – С. 7-232.
5. Yoder H.S., Stewart D.B., Smith J.R. Ternary feldspats // Carnegie Institution of Washington. – YearBooc 56 (1956-1957). – P. 206-214.

МЕСТО И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ БЕМИТА В ЛАТЕРИТНЫХ ПОКРОВАХ И ЕГО ЗАМЕЩЕНИЕ ГИББСИТОМ (ГВИНЕЙСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

¹Мамедов В.И., ¹Макарова М.А., ²Оконов Е.А., ²Корреа Гомеш Ж., ²Чаусов А.А. frolikovam@gmail.com, ¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия; ²Российский Университет Дружбы Народов, Москва, Россия

В крупнейшей на Земле бокситоносной провинции Фута Джалон-Мандинго сосредоточены почти половина мировых ресурсов бокситов (Mamedov et al, 2010). Все они связаны с латеритными покровами, образовавшимися по коренным алюмосиликатным породам платформенного чехла Африканской платформы (Сахарской платформы) и по продуктам разрушения и переотложения (суходольным и водноосадочным) латеритных кор выветривания, залегающих топографически выше. Подавляющая часть этих бокситов по минералогии минералов алюминия относится к классическому гиббситовому типу, в которых содержание моногидрата алюминия (бемита в сумме с алюмогетитом) редко превышает 2-3%. Из которых на бемит приходится не более половины этого количества. Эта несоразмерно большая часть бокситов представлена классическими латеритными литолого-генетическими типами бокситов. Но в регионе выделяется ряд месторождений в пределах которых часть руд представлена осадочно-латеритными бокситами, образовавшимися по водноосадочным континентальным отложениям серии Сангареди (Мамедов и др., 2011) и их аналогам, а также инфильтрационно-метасоматическими бокситами генетически и пространственно связанными с осадочно-латеритным классом (Мамедов и др., 2016). Эти руды отличаются заметно повышенными содержаниями бемита и в целом моногидрата алюминия, достигающими в отдельных рудных телах до 20-35%, а в среднем с 6-12% бемита на целые крупные залежи. Примером являются месторождения группы Сангареди на северо-западе Гвинейской Республики. Проблема условий образования бемита и его временное, пространственное и количественное соотношение с гиббситом остается до настоящего времени не решенной. Существуют различные точки зрения, зачастую прямо противоположные, из которых можно выделить: 1) гиббсит всегда является первичным минералом алюминия латеритных покровов, а образование бемита происходит замещением гиббсита либо за счет прогрева активной солнечной радиацией в саванах (Синицын, 1976) в самых верхних почвах и подпочвенных горизонтах разреза, либо за счет периодических пожаров (своего рода кальцинация гиббсита) (Bardossyand Aleva, 1990); 2) гиббсит всегда формируется в латеритной трансформации по алюмосиликатным минералам материнских пород и затем может замещаться бемитом при ремобилизации насыщенных алюминием растворов в нижних частях разреза, либо при смене условий на восстановительные с образованием наряду с бемитом сидерита, пирита и др.; 3) образование бемита происходит на уровне грунтовых вод в коре выветривания (Lapparant et Hocart, 1938, Бронева и др., 1975), выше которого он позднее замещается гиббситом. Большинство исследователей предполагает кислые (Бронева и др., 1971, Копейкин, 1977 и другие) условия образования бемита. Но по данным экспериментальных исследований Ж. Педро с соавторами (Pedro et all, 1966) бемит образовался в более щелочных условиях, чем гиббсит. Также в карстовых бокситах часто бокситы имеют существенно бемитовый состав. Неоднозначный подход и к концентрации алюминия в растворах. Либо при слабой минерализации и при низком содержании SiO₂, либо, напротив, при высокой концентрации алюминия (Бронева и др., 1975). Наши наблюдения и исследования на месторождениях группы Сангареди показывают и доказывают, что: 1) бокситы классического латеритного класса имеют гиббситовый состав, а примесь моногидратного алюминия связана в большей степени с алюмогетитом и возможно алюмогетитом нежели с бемитом; 2) повышенные содержания бемита характерны для бокситов осадочно-латеритного и инфильтрационно-метасоматического генетических классов; 3) образование бемита происходит на фоне активного привноса алюминия в нижние части разреза латеритного покрова в зону увлажнения выше зеркала грунтовых вод из

нижней мощной толще формирующихся осадочно-латеритных маложелезистых бокситов; при этом в горизонтах тонкопористых осадочных глин в поровых растворах создаются из-за дефицита воды (из-за замедленного промыва) высокие концентрации алюминия благодаря которым происходит выпадение микрокристаллического гелеморфного вещества преимущественно бемитового состава, образуются гелеморфные афанитовые и оолитовые (в изотропной среде) бокситы; 4) когда денудацией (плапацией) уничтожаются верхние горизонты бокситов и нижние части разреза перемещаются ближе к дневной поверхности в зону более активного промыва, происходит перекристаллизация пород с замещением бемита гиббситом; 5) если процессы перекристаллизации по скорости отстают от скорости плапации вывода на поверхность гелеморфных существенно бемитовых бокситов, то создается обманчивое впечатление, что бемитом обогащены верхние горизонты латеритного бокситоносного покрова, что пытаются связать с солнечным прогревом и/или пожарами; присутствие в очень малых количествах в почвенном горизонте бемита и диаспора возможно объяснено в том числе и кальцинацией гиббсита, но масштабы этого проявления незначительные и не могут влиять на минералогический состав верхних горизонтов бокситов.

Таким образом, образование гиббсита и бемита происходит для каждого из них в благоприятных конкретных ландшафтно-климатических условиях. На фоне тектонического развития территории провинции Фута Джалон-Мандинго установлены факты образования бемита в нижних зонах бокситоносных латеритных покровов большой мощности. Для этих частей разреза характерны слабокислые условия с невысоким Eh среды, но с высокой концентрацией алюминия в поровых растворах. Предполагаются низкие содержания железа, но повышенные кремния за счет разложения каолинита и замещением его гелем существенно бемитового состава.

Литература

1. Бронева В.А., Михайлов Б.М. К геохимии алюминия в зоне гипергенеза. Поведение алюминия в смешанных растворах (алюминий и кремний). – Литология и полезные ископаемые. – 1971. – №2. – С. 39-52.
2. Бронева В.А., Копейкин В.А., Теняков В.А. Условия равновесия смистемы гиббсит-каолинит и некоторые проблемы латерито- и бокситообразования // Новые данные по геологии бокситов. Вып. III. – 1975. – С. 16-30.
3. Копейкин В.А. О механизме образования гидроокислов алюминия // Коллоидный журнал. – 1977, – №1. – С. 158-160.
4. Мамедов В.И., Чаусов А.А., Канищев А.И. Этапы формирования уникальной бокситоносной серии Сангареди (провинция Фута Джалон-Мандинго, Западная Африка) // Геология рудных месторождений. – 2011. – Т. 53. – № 3. – С. 203-229.
5. Мамедов В. И., Макарова М. А., Корреа Гомеш Ж.и др. Особенности бокситоносных латеритных покровов района Сангареди (Гвинейская Республика) // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 7 (49). – С. 114-135.
6. Синицын В.М. Климат латерита и боксита. – Л. : Недра, 1976. – 152 с.
7. Bardossy G. and Aleva G.J.J. Lateritic Bauxites. Developments in Economic Geology 27, Elsevier Sci. Publ. (1990): 624 p. ISBN 0-444-98811-4
8. Lapparent, Jacques de, and Hocart, Raymond, 1938, Sur la nature mineralogique des hydroxides d'aluminium dans les bauxites de l'Afrique. – Occidentale Francaise: Acad. Sci (Paris) Comptes rendus, v. 207, no. 3, p. 202-203.
9. Mamedov V.I., Boufeev Y.V., Nikitine Y.A. Geologie de la republique de Guinee. Min. des Mines et de la Geologie de la Rep. De Guinee; GEOPROSPECTS Ltd; Univ. d'Etat de Moscou Lomonossov (Fac. Geol.) Conakry – Moscou, Aquarel, 2010. – 320 p.
10. Pedro G., Berrier J. Sur l'alteration experimentale de la kaolinite et sa transformation en boehmite par lessivage a l'eau. – C.R. Acad. Sci. (Paris). – 1966, 262, Ser. D. P. 729-732

СТРУКТУРЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИТОВ МУРЗИНСКОГО КОМПЛЕКСА (СРЕДНИЙ УРАЛ, РЕЖЕВСКОЙ КАРЬЕР)

¹Костина Е.Д., ²Магазина Л.О., ¹Утенков В.А.

¹Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия; ²ИГЕМ РАН, Россия

Граниты слагают восточную часть Мурзинско-Адуйского массива и представляют мурзинский комплекс начального внедрения. Они существенно отличаются от гранитов ватихского комплекса в зоне западного выклинивания того же массива. Среднезернистые граниты, вскрытые крупным щебёночным карьером, имеют глыбовую отдельность. Реликты вмещающих пород отсутствуют. Граниты отличаются неоднородностью состава, пятнистым обликом из-за наличия плагиоклазовых обособлений. Общий минеральный состав: кварц, плагиоклаз, калиевый полевой шпат, биотит, сфен, апатит, ортит, циркон, магнетит. При высоком содержании кварца (~30%) и плагиоклаза (30-50%) доля калиевого полевого шпата меняется (10-30%). Главный вторичный минерал – мусковит, образующий пластинки вдоль спайности плагиоклаза.

Последовательная кристаллизация кварца и полевых шпатов (после биотита и акцессорных минералов) отчётливо разделяется на две стадии: кварц + плагиоклаз и калиевый полевой шпат. Ранняя стадия отличается интенсивной деанортитизацией плагиоклаза при взаимодействии с расплавом ещё до появления калиевого полевого шпата. Выделившийся вместе с главной частью кварца первичный плагиоклаз №28 (а судя по центральным участкам обильным мелким мусковитом, и более основной) подвергается деанортитизации до №8-10. Так как на это расходуется кремнезём, кварц прекращает выделяться. Но когда раскисление заканчивается, кварц появляется вновь в виде мелких округлых симплектитовых вростков внутри отдельных участков кислого плагиоклаза и своей «горошковой» формой он отличается от позднего кварца мирмекитов. Только после него начинает выделяться калиевый полевой шпат (от мелкокаёмчатого до крупного). Он эволюционирует от ортоклаза с малым углом $2V(-60^\circ)$ до микроклина. Позднее равновесие образуют кислый плагиоклаз, идиоморфный кварц и калиевый полевой шпат.

Весьма показательна редкая мелкозернистая разновидность гранита, заполняющего щели усадки в среднезернистом граните шириной до 10 см. Они представляют тройное равновесие кварц+альбит+микроклин с мелким гранатом или гематитом. Всегда есть мелкий равновесный мусковит.

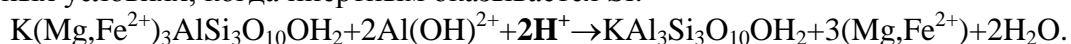
Условия магматической кристаллизации гранита главной фации соответствуют высокой температуре для начальной стадии ($\sim >800^\circ\text{C}$) при низком давлении воды ($P_{\text{H}_2\text{O}} < 150$ МПа) и химическом способе растворения воды в расплаве [3]. На это указывает глубокая деанортитизация плагиоклаза и отсутствие монцититовых структур, возникающих только при $P_{\text{H}_2\text{O}} > 150$ МПа и молекулярном способе растворения воды. Вода накапливается лишь в конце (позднемагматическое тройное равновесие кварца, кислого олигоклаза, калиевого полевого шпата, плюс поздние мирмекиты).

Условия кристаллизации мелкозернистой разновидности гранита диктует контракция (уменьшение объёма) с образованием трещин усадки в граните главной фации. Остаточный расплав, насыщенный водой и заполняющий трещины усадки, находится внутри адиабатической оболочки горячего гранита. Он кристаллизуется при 635°C как тройная эвтектика (кварц, альбит, калиевый полевой шпат) с мусковитом, гранатом (или гематитом).

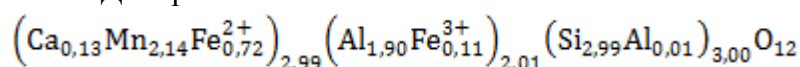
Главное впечатление от петрографического изучения гранита состоит в безвозвратном удалении из расплава Са и Al при деанортитизации плагиоклаза. Нет признаков их переотложения на магматической стадии. В начале метасоматоза Са и Al частично возвращаются при образовании мирмекитов, которых мало, и это не компенсирует потерю Са и Al расплавом. Кроме того, проблемой является обогащение расплава Na при явном недостатке

К (мало калиевого полевого шпата). Учитывая присутствие позднего флюорита, можно предположить, что фактором выноса компонентов, в первую очередь Al, является фтор. Согласно экспериментам [1] Al и Na, K переносятся в составе флюидно-солевого расплава $(\text{Na},\text{K})_3\text{AlF}_6$, обедняя ими силикатный расплав и обогащая его Si. Что касается преимущественного выноса K при накоплении Na в силикатном расплаве, то это пока остаётся геологическим фактом и нуждается в объяснении. Можно лишь предположить, что высокая начальная температура кристаллизации (выше, чем 800 °С в эксперименте) смещает распределение щелочей в область накопления Na в силикатном расплаве и K во флюиде. В результате мы наблюдаем сильнейшую деанортитизацию плагиоклаза при большом содержании кварца и перевод Al и K во флюид. По сравнению с яркой деанортитизацией плагиоклаза с выделением кварца появление калиевого полевого шпата на завершающей стадии магматической кристаллизации не сопровождается необычными процессами.

Вынос Al и неполное участие K при кристаллизации расплава сказывается на характере метасоматического процесса, в котором наиболее ярким представителем является мусковит. Алюминий первым возвращается в породу при метасоматозе и появлении обильного мусковита по биотиту, но калий в этом процессе не участвует. Сохраняется первичная структура гранитов с раскисленным плагиоклазом. Избирательное развитие мусковита только по биотиту (но не по калиевому полевоому шпату) – признак диффузии. Расчёт этой реакции показывает, что оптимальной формой переноса алюминия [2] является $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ в кислотных условиях, когда инертным оказывается Si:



По-другому развивается дальнейшее инфильтрационное замещение среднезернистого гранита, большей частью приуроченное к контакту с мелкозернистой разновидностью гранита. В мелкозернистый гранит проникают крупные альбит, кварц и мусковит. Ими же замещается и укрупнённый и разбитый трещинами гранат, в составе которого 72% спессартина. Анализ этого граната выполнен на сканирующем электронном микроскопе GSM 5610LB ИГЕМ РАН с ЭДС-приставкой:



В зоне инфильтрации (в отличие от зоны диффузии) первичная структура сильно изменяется, хотя в некоторых фрагментах остаются и магматические структуры, но с явным укрупнением зёрен. Например, растёт калиевый полевой шпат, в котором появляются пертиты распада и тонкие параллельные полоски гематита. Продолжается и раскисление плагиоклаза вплоть до альбита при увеличении размера и деформации с образованием трещин, заполненных мусковитом, кварцем и флюоритом. Показательно также позднее грейзеновое замещение калиевого полевого шпата кварцем и мусковитом.

Таким образом, выявлены условия кристаллизации вмещающих гранитов, а также заполняющих трещины усадки жилообразных мелкозернистых гранитов. Для вмещающих гранитов характерны интенсивные раннемагматические реакции между расплавом и плагиоклазом с выносом Ca и Al, а также части K, во флюид. Предположительно это связано с обилием фтора и малым содержанием воды в составе высокотемпературного расплава гранита главной фации на стадии внедрения. Накопление воды к концу кристаллизации совпадает с образованием трещин усадки, где остаточный расплав обогащается водой. Этот эвтектический расплав формирует весьма необычные аплитоподобные граниты с мусковитом магматической стадии, гранатом или гематитом.

Литература

1. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. Фазовые отношения в ликвидусной части гранитной системы с фтором // Геохимия. 1993, № 6. С. 821-839.
2. Иванов А.П., Ткаченко Н.А. Анализ парагенезисов минералов и моделирование зональности кислотных метасоматитов // Экспериментальное и теоретическое моделирование процессов минералообразования. М.: Наука, 1998. С. 173-188.
3. Персиков Э.С. Вязкость магматических расплавов. М.: Наука, 1984. 160 с.

ПРОГРАММА *HAPPYSLOTH* ДЛЯ АНАЛИЗА МЕССБАУЭРОВСКИХ СПЕКТРОВ МИНЕРАЛОВ

¹Левин Д.М., ¹Дедушенко С.К., ²Перфильев Ю.Д.
HappySloth@mail.ru, ²Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Мессбауэровская спектроскопия – мощный метод физико-химического анализа вещества. Наибольшую информативность метод демонстрирует при исследованиях соединений железа. Это обуславливает большое значение метода для минералогии. Действительно, число известных сегодня минералов превышает 5000, при этом более 1000 из них содержат железо в качестве основного элемента [1]. К сожалению, метод пока не получил должного распространения, поскольку для записи спектров требуется радиоактивный источник и, как следствие, наличия соответствующей инфраструктуры и разрешительной документации.

Мессбауэровские спектры многих железосодержащих минералов могут быть обработаны суперпозицией линий достаточно простой формы. В ряде случаев в спектрах удается хорошо различать компоненты трех и двухвалентного железа, что очень активно используется. Однако, химический состав минералов не постоянен. Кроме того, природные образцы обычно содержат примеси других фаз (в т.ч. железосодержащих). Поэтому публикуемые параметры мессбауэровских спектров минералов часто существенно различаются. Это создает путаницу и, в частности, осложняет идентификацию минералов по мессбауэровским данным. Следовательно, требуется работа по определению мессбауэровских параметров минералов и их зависимости от состава и присутствия примесей сопутствующих фаз. Это может быть достигнуто путем записи спектров минералов с разных месторождений, синтетических образцов и т.п. с их последующей совместной обработкой в рамках единой модели.

Возможность обрабатывать одновременно несколько мессбауэровских спектров с наложением связей предоставляет программа *Happy Sloth* [2, 3], которая адаптирована для работы с ОС Windows (версии 7, 8 и 10). В этой программе спектр моделируется линиями, форма которых описывается функцией Фойгта:

$$F(\nu, \Gamma, \gamma) = \frac{\Gamma}{2\pi} \frac{1}{\gamma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{(\nu - x)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\gamma^2}\right) dx.$$

Параметр Γ является характеристикой лоренцевой составляющей функции Фойгта, параметр γ – гауссовой. Элементом моделирования является дублет, т.е. пара линий, имеющих по умолчанию одинаковые параметры функции Фойгта, но смещенные друг относительно друга по оси абсцисс (оси скоростей, оси ν). Модуль этого смещения называется квадрупольным расщеплением дублета (QS). Середина отрезка, соединяющего центры тяжести двух линий дублета на шкале ν , называется изомерным сдвигом (IS). Параметры Γ и γ разбиты на две части. Одна часть является индивидуальным параметром для каждого дублета, а другая – одинаковая для всех дублетов одного спектра.

Значение функции Фойгта определяется путем прямого численного интегрирования. Для ускорения вычислений используется таблица интегралов объемом около 1 Гб, которая загружается в оперативную память. Нахождение программой значения интеграла путем обращения к такой таблице способно конкурировать по скорости с аналитическими вычислениями.

В программе *Happy Sloth* связи могут быть наложены на любые параметры одного или разных дублетов, в том числе и принадлежащих разным спектрам. Эти параметры можно связать между собой линейным уравнением или неравенством, имеющим также дополнительное слагаемое, которое обеспечивает возможность расхождения связанных параметров в заданном интервале. Наложение связей на пару параметров осуществляется простыми манипуляциями при помощи двумерных таблиц. Предусмотрена возможность «за-

морозки» любого количества загруженных спектров, что позволяет обрабатывать только необходимую выборку, например, один спектр.

В программе *Happy Sloth* не предусмотрена какая-либо отдельная опция обработки спектра эталонного вещества с целью калибровки шкалы скорости. Спектр эталонного вещества может быть загружен дополнительно к группе спектров и обработан совместно или параллельно с ними. Программа позволяет присвоить одному (любому) из дублетов эталонные параметры IS и QS и откорректировать соответствующим образом шкалу скоростей для любой выборки из загруженных спектров. Такой подход позволяет использовать сложные модели при обработке спектров эталонного вещества, что совершенно естественно, поскольку эталонные вещества могут содержать примеси.

Очевидно, что оптимальное с математической точки зрения приближение заданной модели к экспериментальному спектру может быть некорректным с физической точки зрения. С одной стороны, физическая некорректность может быть вызвана неадекватностью применяемой математической модели для описания формы индивидуальных компонент спектра. С другой стороны, причиной некорректности модели может явиться присутствие в веществе примесей, отсутствие достаточных знаний о количестве и природе которых не позволяет адекватно учесть искажения огибающей спектра. Последняя проблема может быть решена путем применения метода Афанасьева-Чуева [4]. Для этой цели в программе предусмотрена процедура «AutoFit», которая автоматически последовательно добавляет в модель одиночные линии определенной формы (дублеты с $QS=0$ и заданными пользователем значениями Γ и γ). Это добавление осуществляется до тех пор, пока параметр модели, характеризующий качество приближения (χ^2), перестает улучшаться. Функция «AutoFit» может быть применена отдельно к любому из загруженных спектров. При применении этой функции к группе спектров одиночные линии во все спектры добавляются согласованно, т.е. со связанными IS.

Еще одной полезной опцией программы является процедура «Scan», которая позволяет автоматически обрабатывать выбранные спектры, варьируя один или несколько параметров в заданных диапазонах с выбранным шагом. В результате пользователь получает возможность исследовать зависимость χ^2 от параметров спектра, сопоставляя математическую характеристику модели с ее физической адекватностью.

При разработке программы ставилась цель максимально упростить интерфейс. Общение с программой осуществляется стандартной мышью с двумя кнопками и колесом; клавиатура необходима только для ввода буквенно-цифровой информации. Для удобства работы рекомендуется использовать несколько мониторов, установленных в ряд. Программа имеет возможности для выбора алгоритмов вычисления, а также для оптимизации взаимодействия с ОС. Текстовая информация интерфейса составлена на основе английских слов.

Литература

1. База данных Международной минералогической ассоциации, <http://rruff.info/ima/>.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016660090.
3. <http://happysloth.ru/>.
4. Афанасьев А.М., Чуев М.А. // ЖЭТФ, 1995, Т. 107, № 3, С. 989.

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГРАНИТОИДОВ ДЖЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

Сучков А.В.

alexsandir@mail.ru, ФГБУ «ВИМС», Москва, Россия

Джетский рудный узел находится в зоне влияния крупных батолитов щелочных гранитоидов буюдзульского комплекса и гранитоидов беллыкского комплекса. Узел приурочен к группе сближенных штоков и дайковых тел буюдзульского и беллыкского интрузивных комплексов в полях развития сланцев лысанской и манской свит позднерифейского возраста и роговиков. В рудном узле выделены следующие молибденовые рудопроявления: Джетское, Теплое 1, Теплое 2, Интрузивное, Восточное, приуроченные к группе сближенных штоков и дайкообразных тел гранитоидных пород буюдзульского интрузивного комплекса в поле развития пород лысанской свиты.

На исследуемых рудопроявлениях Теплое 2, Интрузивное и Восточное интрузивные образования относятся к разным комплексам: в работах Н.С. Мишко, В.Л. Хомичева они относятся к беллыкскому комплексу, а в работах В.М. Даценко [1] – к буюдзульскому.

На изучаемой территории широко проявлены процессы контактового метаморфизма (ороговикование и, в меньшей степени, скарнирование) и околорудные изменения (метасоматическое и штокверковое окварцевание, калишпатизация, мусковитизация, альбитизация, карбонатизация, сульфидизация).

Интрузивные образования буюдзульского интрузивного комплекса представлены массивом (1050Ч550 м) гранодиоритов рудопроявления Интрузивное и малыми телами (от первых метров в поперечнике до тела размерами 350Ч100 м) монцодиоритов-гранодиоритов (?) рудопроявления Теплое 2, а также дайками основного и среднего состава. Возможно, гранодиориты относятся к ранней фазе буюдзульского интрузивного комплекса, а монцодиориты – к заключительной фазе.

Вещественный состав гранитоидов рудопроявления Теплое 2

Большая часть пород в штоках дроблена и в той или иной степени изменена гидротермальными процессами. Они пронизаны многочисленными кварцевыми, кварц-сульфидными прожилками, серицитизированы, несут вкрапленность сульфидов, а на отдельных участках превращены в березиты.

Гранодиориты имеют лейкократовый облик. Содержание биотита колеблется в пределах 1-5%. Текстура в основном массивная, и в меньшей степени, порфиоровидная. Порфиоровые выделения представлены ортоклазом, реже плагиоклазом. Размер фенокристаллов изменяется от 1-5 мм до 1-2 см. Структура породы (основной массы): полнокристаллическая, неравномернoзернистая, среднемелкозернистая, панидиоморфнозернистая-гипидиоморфнозернистая, вторичная гранолепидобластовая, размеры зерен колеблются в пределах 0,2-1,2 мм.

Минеральный состав: биотит (1-5%), КПШ (10-40%), плагиоклаз (30-74%), кварц (15-25%). Акцессорные минералы редки, наблюдаются спорадически и представлены цирконом, сфеном. Иногда содержание сфена достигается примерно 1% с размером кристаллов до 2-5 мм.

Мезократовые биотитовые монцодиориты-гранодиориты(?) слагают малые тела (штоки). Мезократовый облик порода имеет за счет биотита, содержание которого варьирует в пределах 5-15%, при этом иногда он практически отсутствует, и порода приобретает лейкократовый облик. Неоднозначное название породы исходит из ее интенсивного метасоматического окварцевания, где часто трудно отличить первичный и вторичный кварц. Возможно, что это монцодиориты-тоналиты. Текстура, в основном, порфиоровидная. Порфиоровые выделения представлены ортоклазом. Размер фенокристаллов до 3 см. Структура породы (основной массы): полнокристаллическая, неравномернoзернистая, среднемелкозернистая, панидиоморфнозернистая-гипидиоморфнозернистая, вторичная гранолепидобластовая. Размеры зерен колеблются в пределах 0,1-2 мм.

Минеральный состав: биотит (5-15%), КПШ (10-25%), плагиоклаз (35-60%), кварц (5-25%). Акцессорные минералы редки и представлены цирконом и сфеном. Иногда количество сфена достигает 0,1-0,8%.

Вещественный состав гранитоидов рудопроявления Интрузивное

Рудопроявление Интрузивное находится в 1 км северо-западнее рудопроявления Теплое 2. Шток гранитоидов на рудопроявлении Интрузивное имеет сложное внутреннее строение с несколькими фаціальными разновидностями: субщелочными гранитами, граносиенитами, субщелочными гранит-порфирами, граносиенит-порфирами. Чаще всего порфировидные разности выполняют периферийную часть штока.

Субщелочные гранодиориты (граносиениты) имеют мезократовый облик за счет биотита, реже роговой обманки, содержание которых варьирует в пределах 5-15%. Структура породы гипидиоморфнозернистая полнокристаллическая, средне-мелкозернистая, текстура массивная иногда порфировидная с крупными идиоморфными кристаллами плагиоклаза.

Минеральный состав неизмененного гранодиорита: плагиоклаз 30-45%, калиевый полевой шпат 25-30%, кварц 20-30%, биотит и роговая обманка 5-15%. Из вторичных минералов встречаются хлорит, цоизит, рутил, серицит, реже эпидот. Акцессорные минералы представлены сфеном, апатитом, цирконом и магнетитом.

Основные признаки, позволяющие отнести эту породу к гранодиориту: преобладание в минеральном составе идиоморфных кристаллов плагиоклаза, резкий ксеноморфизм кварца, пониженные содержания кремнезема – не более 68%. [2]

Вещественный состав гранитоидов рудопроявления Восточное

Шток гранитоидов рудопроявления Восточное представлен в основном субщелочными плагиогранитами, иногда встречаются граносиениты и расположен в 2,5 км севернее рудопроявления Интрузивное.

Плагиогранит, как правило, имеет лейкократовый облик. Содержание биотита и мусковита колеблется в пределах 2-5%. Текстура в основном массивная, в меньшей степени, порфировидная. Порфиновые выделения представлены ортоклазом, реже плагиоклазом. Размер фенокристаллов изменяется от 5 мм до 2 см. Структура породы полнокристаллическая, неравномернозернистая, гипидиоморфнозернистая, средне-, мелкозернистая, микроструктура гранитная, размеры зерен колеблются в пределах 0,2-3 мм. Минеральный состав: плагиоклаз (55-60%), кварц (30-35%), мусковит (2-3%), биотит (до 1%), рудные минералы (до 3%). Акцессорные минералы: апатит (до 1%).

Беллыкский комплекс представлен массивом (батолитом?) гранитоидов в 3 км южнее от рудопроявления Теплое 2. Массив имеет сложное строение и в пределах участка сложен следующими фаціальными разновидностями: субщелочными лейкогранитами и в единичных случаях субщелочными гранитами.

Приведенные исследования показали, что изученные штоки гранитоидов рудопроявлений сложены гранодиоритами, монцодиорит-гранодиоритами(?), субщелочными гранитами, граносиенитами, субщелочными гранит-порфирами, граносиенит-порфирами, субщелочными плагиогранитами, редко кварцевыми монцонитами. По результатам минералого-петрографических и петрохимических исследований гранитоиды аналогичны субщелочным гранитоидам буюдзульского комплекса.

Литература

1. Даценко В.М. О генетической связи молибденовых рудопроявлений Теплый ключ с буюдзульским монцонит-сиенитовым массивом // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГиМС, 2005. Выпуск 6. С. 211-216.
2. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

Ожогина Е.Г., Горбатова Е.А., Якушина О.А.

vims-ozhogina@mail.ru, ФГБУ «ВИМС им. Н.М. Федоровского», Москва, Россия

Вызовы современности – научно-технический прогресс и рост промышленного производства поставили перед человечеством ряд сложных экологических проблем, связанных с формированием промышленных ландшафтов, промышленными выбросами, загрязнением природной среды отходами производственной и непроизводственной деятельности человека, в результате чего происходит деградация природных экосистем. Не вызывает сомнений, что в интересах человечества сохранять и оздоравливать окружающую среду. Не потеряло актуальности предвидение В.И. Вернадского: «...человек впервые реально понял, что он житель планеты и может – должен – мыслить и действовать в новом аспекте, не только в аспекте отдельной личности, семьи или рода, государств или их союзов, но и в планетарном аспекте» [1, с. 28]. Существует мнение, что техногенез в результате промышленной деятельности человека приводит сегодня не столько к геологическим, сколько, прежде всего, к минералогическим и геохимическим последствиям технической деятельности человека и вышел за пределы нашей планеты, в космос, галактическое пространство.

Известно, что в структуре твердых отходов преобладают промышленные и горно-промышленные отходы. Согласно данным Росстата [2], в 2016 году в России произведено всего 5060,2 млн. тонн отходов, из них связанных с добычей полезных ископаемых – 4653,0 млн. тонн или 91,95%; насчитывалось 48 287 предприятий организаций металлургического производства и производства готовых металлических изделий, которые в 2015 г. произвели 215 млн. тонн отходов, из которых было переработано, в т.ч. складировано 91,5 млн. тонн или 42,5%.

Поэтому большое внимание уделяется техногенному минеральному сырью, которое сегодня рассматривается как потенциальный источник расширения минерально-сырьевой базы страны в части черных, цветных, редких и благородных металлов. С другой стороны очевидно, что вторичная переработка отходов металлургических производств экономически целесообразна, поскольку не требует материальных затрат на добычу и транспортировку сырья к месту переработки, а их вовлечение во вторичную переработку сократит техногенную нагрузку на окружающую среду, и может способствовать решению социальных проблем – загрузки мощностей и занятости квалифицированных кадров в традиционных горнорудных районах страны, на давно работающих производственных предприятиях.

Для контроля полноты извлечения полезных фаз в процессе переработки и определения возможных областей использования отходов металлургической промышленности, в частности, шлаков, следует проводить их полное минералогическое изучение, которое позволяет прогнозировать принципиальную возможность и направления вторичной переработки или утилизации с целью получения положительного эффекта от минимизации экологического ущерба в регионах складирования. Приемы вторичного использования текущих шлаков непосредственно в процессах производства позволят избежать их накопления и длительного хранения. Кроме того, необходимо учитывать, что лежалые отходы, длительное время находившиеся в местах складирования на открытом воздухе под воздействием атмосферных осадков и грунтовых вод, претерпевают вторичные изменения. Преобразования минеральных фаз, связанные с техногенным гипергенезом, могут существенно изменить первоначальный минеральный состав и свойства шлаков.

Следует указать на специфические особенности состава и строения техногенного минерального сырья. При изучении необходимо учитывать его существенные отличия от природных руд: макроскопическая однородность; переменный гранулярный состав рудных фаз и сложный характер их сростаний как между собой, так и нередко со шлакообразующим материалом, приводящий к образованию неоднородных, ультратонких полиминеральных агрегатов; значительное количество аморфных и слабоокристаллизованных фаз; широкие изо-

морфные замещения в структуре минералов, относящихся к категории главных рудных. Поэтому из-за специфических особенностей шлаков, ввиду присутствия весьма тонких выделений минеральных фаз и их сростаний, в том числе промышленно-ценных минералов, для получения полной и всесторонней информации об их составе и строении, необходимо кроме традиционно используемых в минералогии методов оптической микроскопии и рентгенографического фазового анализа, обязательно применять прецизионные методы исследования, прежде всего аналитическую электронную микроскопию и микрорентгеноспектральный анализ, которые позволяют диагностировать все присутствующие шлакообразующие фазы с количественной оценкой их содержания.

Исследование текстурно-структурных характеристик и минерального (фазового) состава различных видов техногенного сырья в разные годы неоднократно проводилось в ФГБУ «ВИМС». Минералогический отдел ВИМСа аккредитован Росстандартом на выполнение минералогических исследований, аттестат Росаккредитации № RA.RU.21AE46. Анализы выполняются в соответствии с нормативно-методическими документами отраслевого реестра методик измерений, рекомендованных (допущенных) к применению при ГРП на ТПИ.

Приведем примеры изучения техногенных отходов металлургического производства – доменных шлаков плавки железорудного сырья и никельсодержащих шлаков. Минералогическими исследованиями комплексом методов были установлены: гранулярный и минеральный (фазовый) состав, в т. ч. присутствуют ли в шлаках вредные и/или токсичные минералы; характер взаимоотношения и физические свойства шлакообразующих минералов; их реальные состав и строение. Установлено, что исследованные шлаки не содержат минералов-концентраторов редких и рассеянных элементов и благородных металлов, а также вредных и/или токсичных минеральных примесей, а предельно низкие содержания серы и свинца не превышают предельных значений ПДК.

Доменные шлаки составляют значительную часть отходов металлургии. Остаточные содержания железа в них могут колебаться от первых единиц до 10%. Исследованные шлаки средней основности имели неоднородное, мелко- и тонкопористое строение. Содержание оксида железа (II) в них не более 2,35%. Основные шлакообразующие минералы – геленит-окерманит, псевдоволластонит, акцессорные диопсид, фаялит, ольдгамит, биксбиит, яacobсит, перовскит и феррит не более 1-1,5%. Перспективным для этих шлаков можно считать их использование в дорожном строительстве в виде шлакового щебня, составляющего «дорожной одежды»; в строительной индустрии как вяжущее в составе шлакопортландцемента и шлакощелочных цементов, а также как теплоизоляционный материал.

Никельсодержащие шлаки характеризовались неоднородным строением, тонкой размерностью слагающих фаз, полиминеральным составом и варьирующими содержаниями потенциально полезных металлов (железа, кобальта, никеля); шлаки не проявляли электропроводности и магнитных свойств, что делает бесперспективным их механическое обогащение. Однако близкие к промышленным содержания никеля допускают возможность их металлургического передела для извлечения этого металла. Никельсодержащие шлаки, полученные после электроплавки силикатного сырья были сформированы стекловатой массой фаялита с единичными включениями зерен кварца, хлорита и талька, в которой неравномерно распределены рудные фазы агрегатов треворита-магнезиоферрита, общее содержание которых менее 3%, что определяет неперспективность извлечения металлов методами обогащения.

В целом изучение минерального состава отвалов горно-металлургических и горно-химических производств и др. производств, являющихся сегодня потенциальными техногенными месторождениями направлено на создание технологий наиболее полного рационального (комплексного) использования вторичных минеральных ресурсов с целью рекультивации и утилизации огромных отвалов оздоровления экологической ситуации в районах расположения горнодобывающих добывающих и перерабатывающих производств.

Литература

1. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. М. : Наука, 1991. 272 с.
2. Промышленное производство в России. 2016 : Стат.сб. М. : Росстат., 2016. 347 с.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОРУНДА НА ПРИМЕРЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ХИТОСТРОВ, СЕВ. КАРЕЛИЯ

¹Скамницкая Л.С., ¹Бубнова Т.П., ²Барнов Н.Г., ¹Букчина О.В.
¹ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия; ² – НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

Проявления корунда на участках Дядина Гора и Хитостров на территории Карелии установлены в процессе выполнения поисково-оценочных работ Северной экспедиции С-ЗТГУ в период 1963-1970 гг. Позднее, в 1976-1985 гг., на основе детальных работ ПО «Северкварцсамоцветы» были выявлены, опробованы и оконтурены корундоносные зоны, подсчитаны запасы коллекционного сырья. В пределах Хитостровского проявления развиты породы чупинской свиты – высокоглиноземистые гнейсы, претерпевшие существенные ультраметаморфические преобразования в ходе последовательных процессов плагио- и калиевой мигматизации, где и проявляется корундовая минерализация [1, 2].

Корунд Хитостровского проявления, наиболее продуктивного из всех проявлений корунда Карелии (Варацкое, Дядина гора и др.), розового, малинового и фиолетово-красного цвета [3], характеризуется размерами от долей миллиметров до 5-6 см по длинной оси и до 2-3 см в поперечнике изредка размер кристаллов достигает 10 см. Облик кристаллов достаточно разнообразен. Основная масса крупных кристаллов имеет размеры 1-2 см. При этом крупные кристаллы обычно вытянуты, а более мелкие кристаллы корунда в породе имеют разную форму и размеры. Ромбические зерна – 2.25x4мм, округлые зерна 5.2x4.4 мм, мелкие изометричные зерна размером 0.46x0.93; 0.77x0.82; 0.34x1.15; 0.24x0.23мм. Содержание корунда непостоянно, колеблется от 0,1 до 5-7%. Корунд, как правило, сильно трещиноват. Прожилки и трещины заполнены тонкокристаллическим диаспором, что подтверждается, помимо оптической микроскопии, анализом КР-спектроскопии (RAMAN).

Исследования показали, что подавляющее число кристаллов хитостровского корунда содержат минеральные включения, представленные, главным образом, гранатом, плагиоклазом, рутилом, ильменитом, цирконом. По трещинкам наблюдаются слюдистые включения и агрегаты гидрооксидов алюминия. Некоторые большие округлые зерна переполнены микровключениями плагиоклаза.

Для изучения микроструктурных особенностей, состава породообразующих минералов и минеральных включений (таблица 1), выполнено изучение полированных аншлифов сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH с анализатором INCA Energy 350 (условия анализа: ускоряющее напряжение-20 kV, ток зонда-350 pA). Данный микроскоп полностью управляется через персональный компьютер и предназначен для работы с высоким и низким вакуумом. Минимальное увеличение около 4x, в режиме «разрешение» – от 15x до 500000x. Для обеспечения электропроводимости, образцы напылялись тонким слоем углерода.

Гранаты как породообразующий, таки из включений в корунде, соответствует гроссуляр-пироп-альмандиновому составу. По трещинкам в минерале наблюдаются микровключения биотита, тонкочешуйчатого хлорита (по биотиту), кальцит, микровключения рутила и эпидота.

Породообразующая плагиоклазовая матрица представлена изоморфной смесью олигоклазового состава. Включения в корунде – олигоклазового, до альбитового состава, – пластинчатой удлиненной и округлой формы размером от сотых долей мм до 0.41x0.44; 0.20x0.41; 0.24x0.42; 0.21x0.68 мм. В единичных зернах корунда содержание плагиоклазовых включений составляет до 25%.

Редкоземельная минерализация связана с включениями алланита в корунде и олигоклазе. Вариации состава редкоземельных элементов в нем: Ce_2O_3 6,44-8,50%; La_2O_3 – 3,32-4,44%; Nd_2O_3 – 2,03-2,73%.

Амфибол (роговая обманка) варьирует по размерам от крупных (1.72x2.24 мм) зерен пластинчатой формы со сглаженными углами, без четкой амфиболовой штриховки до мелких – 0.23x0.33 мм. Бледно зеленого цвета, замещается бурыми и зеленовато-бурыми лейстамибиотита, содержит микровключения плагиоклаза, рутила, циркона.

Вариации составов породообразующих минералов и минеральных включений в корунде, %

Спектр	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ + FeO
Породообразующие минералы							
Корунд			100,00				
Диаспор			85,00				
Гранат		7,20-8,85	20,59-22,50	37,22-39,67	2,83-4,10	0-0,64	26,95-28,11
Плагио-	7,20-9,08		22,26-25,61	51,90-62,80	4,19-6,22	-	-
Амфибол	2,85-3,31	10,98-14,81	19,87-21,82	40,51-41,94	10,21-10,95	0-1,74	11,84-12,92
Биотит		15,63-17,77	19,65-21,55	37,02-37,16	-	1,08-2,07	9,61-13,19
Минеральные включения в корунде							
Гранат		8,76-9,66	21,23-23,23	37,82-40,45	3,66-4,22		23,81-27,68
Плагио-	9,72-10,25		16,50-25,12	56,76-59,43	0-5,74	-	-
Алланит							

Биотит характеризуется значительно более высоким содержанием как магния, так и алюминия (таблица), что согласуется с данными А.В. Громова [3]. Несмотря на значительные содержания в нем магния, результаты рентгенофазового анализа, выполненного на автоматическом дифрактометре ARL X'TRA, Thermo Fisher Scientific (Cu_{Kα} излучение, U=40kV, I=35ma в области углов 2θ-2°-90°, шаг 0,02° время 1 сек) подтверждают биотитовый состав слюды со значительной хлоритизацией. В отдельных пластинках биотита встречены прожилки карбоната, веретенovidные включения плагиоклаза, зерна циркона, рутила, рудных минералов.

Монокристаллические агрегаты диаспора, развитого в корунде по трещинам или их отдельным участкам, заполняют пространство в 10-12 мкм, в некоторых случаях достигая 90 мкм. Наблюдаются ответвления от основной трещины более мелких трещин на фоне развития сети очень мелких поперечно-волокнистых (1мкм и менее) прожилков заполненных диаспором, содержание которого в зерне корунда может достигать 30%. Этот факт сказывается на прочностных свойствах корунда. Наличие в корунде мелкодисперсных включений минералов с пониженной твердостью, снижает микротвердость самого корунда до 1553 кгс/мм², по данными замеров на приборе ПТМ-3. Что отрицательно сказывается в случае селективной дезинтеграции на сохранности кристаллов корундов [4].

Литература

1. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Книга 2. Неметаллические полезные ископаемые / В.П.Михайлов, А.Г.Леонтьев, Ю.Б.Голованов и др. – Петрозаводск : «Карелия», 2006. – С. 235-241.
2. Серебряков Н.С. Условия локализации проявлений коллекционного корунда в породах чупинской толщи беломорского комплекса в Северной Карелии / Н.С. Серебряков, В.В. Аристов // Изв. вузов: Геология и разведка. – 2004. – № 4. – С. 36-42.
3. Громов А.В. Розовый корунд из Хитостровского проявления в Северной Карелии / А.В. Громов // Мир камня. – 1993. – № 2. – С. 1-3.
4. Барнов Н.Г., Раджабов М.М., Чихладзе Н.Г. Оценка влияния метода дезинтеграции на селективность раскрытия корундсодержащих руд // Ресурсосбережение и охрана окружающей среды при обогащении и переработке минерального сырья (Плаксинские чтения – 2016) : мат-лы. междунар. конф., 26-30 сентября 2016 г. – М. : АО «Издательский дом "Руда и металлы"», 2016. – С. 479-481.

СЕРЕБРО РАССЕЯННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЛЕЙКОКРАТОВЫХ ИНТРУЗИЙ ДУКАТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ: К ВОПРОСУ МИГРАЦИИ МЕТАЛЛОВ В МАГМАТОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ РУДООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

Филимонова Л.Г.

flg@igem.ru, ИГЕМ РАН, Москва, Россия

Крупнейшее золото-серебрянное месторождение Дукат с запасами серебра и золота около 17 000 и 40 тонн располагается на северо-востоке России в южной части золотоносной Яно-Колымской складчатой системы в области пересечения древней субмеридиональной структуры Балыгычан-Сугойского грабена и краевого Охотско-Чукотского вулканического пояса. Формирование кварц-адуляр-хлоритовых и кварц-родонитовых рудных тел месторождения, расположенного в облатипластового тела флюидальных риолитов, связывается с развитием в меловой метаморфизованной вулканогенно-осадочной толще гидротермальной деятельности на уровнях, удаленных от палеоповерхности на 0.5-1 км, реювиацией рудообразующей системы в связи с приближением к поверхности кровли глубоинной интрузии на глубинах 960-1320 м от современной поверхности (Сидоров и др., 1989; Константинов и др., 1998). Весьма высокие величины Au/Ag (350-450) руд месторождения связывают с особенностями эволюции флюидных систем глубокого заложения, дополнительным заимствованием Ag, Mn из метаморфизованных терригенных пород фундамента Яно-Колымской складчатой системы.

Проведенные нами исследования обнаженных на поверхности пород выступов лейкократовых интрузий рудного поля и порфириовидных лейкогранитов глубоинной многофазовой интрузии показали, что они содержат включения минеральных парагенезисов, известных в современных и древних магматогенно-гидротермальных системах на глубинах >700 м (Reyes, 1990; Жариков и др., 1998). Включения содержат минералы профилирующих рудных элементов месторождения Дукат (сульфиды Ag, Pb, Zn, самородное Ag, минералы Mn) и рассматриваются в качестве минеральных типов вкрапленной (ВРМ), прожилково-вкрапленной (ПВРМ) рассеянной минерализации (Филимонова и др., 2014). Формирование ВРМ крупнопорфириовых лейкогранитов-невадитов связывается с отделением малых порций диспергированных флюидных расплавов в периоды становления внутренних зон выступов интрузий в условиях пластических деформаций. ПВРМ образована взаимными сростаниями призматического кварца и гидротермальных минералов полых пространств, выполнявших роль ловушек для малых порций гидротермальных растворов и опережающей волны кислотных газов, циркулирующих в сети трещин внешних зон интрузий и примыкающих пластовых тел флюидальных риолитов. Размеры скоплений минералов вкрапленной РМ <0.5 см, а сростаний гидротермальных минералов прожилково-вкрапленной РМ достигают 3 см. Высокосульфидизированные минеральные типы развиваются в связи со становлением выступов меловых интрузий повышенной калиевой щелочности и сопряженных пластовых тел калиевых риолитов, а низкосульфидизированные – К-На лейкогранитов позднемеловых интрузий и сопряженных тел риодацитов.

Исследования взаимных сростаний минералов РМ, внутреннего строения зерен, их интерстиций с применением методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии (соответственно СЭМ и ПЭМ) показали, что серебро составляет примеси золотин, образует наночастицы неупорядоченных скрытокристаллических фаз, образованных из пересыщенных водно-солевых жидкостей. Последние возникают в позднемагматическую стадию становления внутренних зон интрузий и послемагматическую- внешних-, переходящих в пластовые тела флюидальных риолитов.

Серебро магматической стадии составляет 6 ат. % высокопробных золотин интерстиций эгирин-авгитовых двойников, субкальциевых клинопироксенов, пирита, пентландита эгирин-баритовой и авгит-пиритовой ВРМ и не образует видимых концентраций среды олово-полиметаллических и стистит-полиметаллических сплавов-композитов. Примеси

серебра золотин дополняют Hg, Ni и Cl, содержания которых соответственно достигают 3.0; 2.5 и 1.6 ат. %.

Серебро позднемагматической стадии образует наноразмерные частицы самородного серебра, акантита, составляет примеси золотин псевдоморфоз, возникающих при взаимодействии остаточных порций флюидов с магматическими минералами эгирин-баритовой и авгит-пиритовой ВРМ в условиях широкого диапазона fO_2 . Наночастицы самородного серебра графит-слюдистых псевдоморфоз вместе с частицами из Pb, Sn, As, Cd, Bi, эсколаита, Fe-вернадита, углеродистого вещества формируются в условиях магнетит-вюститового буфера. Серебро псевдоморфоз с максимальными концентрациями углеродистого вещества и цинка составляет наноразмерные глобулярные фазы с высокими концентрациями йода (11.2 ат. %), Hg, Nb, In, CuCl (соответственно 8.9; 5.7; 1.3; 0.7 и 1.9 ат. %). Наночастицы акантитаполевошпат-сульфидных псевдоморфоз формируются в условиях кварц-фоялит-магнетитового буфера и составляют включения пирита с переменными содержаниями примесей Zn, As, Cd. Позднемагматические золотины с примесями Ag, Cl и Ni (соответственно 10.5; 3.2; 5.8 ат. %) развиваются по сульфидам в условиях магнетит-гематитового буфера. Сереброносные позднемагматические водно-солевые жидкости принимали участие в развитии дорудных и внутрирудных углеродизированных брекчий-туффизитов, опережающих и сопровождающих длительное формирование продуктивных рудных зон и банцевых участков рудных тел.

Серебро послемагматической стадии становления пластовых тел риолитов составляет наночастицы самородного серебра и акантита поздних колломорфных образований, отложенных на поверхностях призматического кварца и гидротермальных минералов ПВРМ в процессах фазовой сепарации хлоридно-сульфатно-калиевых растворов высокосульфидизированной системы и хлоридно-гидрокарбонатно-кальциевых низкосульфидизированной. Отложение послемагматических концентраций серебра и акантита первых сопровождается адуляром, серицитом, хлоритом и соединениями Pb, Cu, Zn, As, а вторых – Mn-клиноцоизитом, соединениями Mn, Pb, Tl, Ba.

Близкие перечни рудных компонентов послемагматических пересыщенных водно-солевых жидкостей двух систем с одной стороны и продуктивных рудных тел месторождения Дукат с другой показывают, что механизмы концентрации серебра двух обстановок были сходными. Они сводились к многократному адиабатическому охлаждению сереброносных гидротермальных растворов, отделению пересыщенных серебром водно-солевых жидкостей, их медленному остыванию, последующему многократному вовлечению в новые потоки рудообразующих флюидов, возрастанию концентраций серебра в конечных порциях.

Литература

1. Жариков В.А., Русинов В.Л., Маракушев А.А. и др. Метасоматизм и метасоматические горные породы. М. : Научный мир, 1998.
2. Константинов М.М., Наталенко В.Е., Калинин А.И. и др. Золото-серебряное месторождение Дукат. М. : Недра, 1998.
3. Сидоров А.А., Константинов М.М., Найборodin В.А. и др. Серебро. М. : Наука, 1989.
4. perspective //1993. Econ.Geol. V. 88. P. 733-753.
5. Филимонова Л.Г. и др. Минеральные типы зон гидротермальных изменений Дукатского рудного поля и их соотношения с лейкогранитами и эпитемальными золото-серебряными рудами (Северо-Восток России) // Геология руд.месторождений. 2014. № 3. С. 195-221.
6. Reyes A.G. Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment // Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1990. V. 43. P. 279-309.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ КВАРЦЕВЫХ ПОРФИРОВ ДАШКЕСАНСКОГО РАЙОНА

Юзбашова У.А.

ulya.bqu@mail.ru, Бакинский государственный университет,
Баку, Республика Азербайджан

Территория Дашкесанский рудный район северо-восточного склона Малого Кавказа богата различными нерудными полезными ископаемыми и строительными материалами. К ним относятся месторождений мраморов, каолинитов, мраморизованного известняка, травертина, туфопесчаника, гипса, кварцита, туфов, габброидов, гранитоидов и др. В геологическом строении района принимают участие вулканогенные и осадочные образования средней и верхней юры. Вулканогенно-терригенные породы с переотложенными вулканическими материалом относятся к типично осадочным образованиям, который имеет свое установленное литологического состава осадочных и обломочных пород расчленение средне- и верхнеюрской толщ.

Как показали исследователи (Д.М. Ахмедов 2003, А.Д. Керимов 1986, Р.Н. Абдуллаев 1964), значительные фациальные изменения наблюдаются снизу вверх – вулканогенные породы, роговики, покрывающие и подстилающие железорудную залежь, толща алунитов, мраморы, мраморизованные известняки и верхние вулканогенные породы. Туфобрекчии кварцевых порфиров подразделяются на средне- и мелкообломочные размеры, имеют кристаллокластическую структуру. Эти отложения приобретают широкое развитие за пределами Дашкесанского района, вдоль долины р. Амамчай обнажаются фаунистически охарактеризованные известняки (мощностью 150-200 м), которые часто содержат примесь туфогенного материала несущей нерудной минеральной концентрации. Отдельные линзы, пласты и прослои туфогенных пород залегают среди мраморизованные известняков на различных стратиграфических горизонтах. Толща известняков в результате контактового воздействия Дашкесанского интрузива, обнажающегося в северной части месторождения, полностью превращена в мраморы.

В северной части Дашкесанского района толщ кварцитов, кварцевых порфиров и их туфов, а также покрывающие их алевролиты и кварцевые туфопесчаники занимают огромную площадь. Здесь туфы кварцевых порфиров зеленоватые, имеют слоистый характер, они хорошо видны на сравнительно небольшом участке по левому и правому берегам р. Гошгарчай. Специфической особенностью крупных массивов кварцевых порфиров является столбчатая отдельность. Столбчатость здесь ориентирована в зависимости от поверхности древнего рельефа. Геохимические характеристики и литологический состав кварцевых порфиров, их туфов и туфобрекчий изменяется по минеральный составу и фациально как в пределах каждого из типов, так и по всей толще в целом. В состав кварцевых порфиров входят – первичный кварц, вторичный кварц, биотит, апатит, ортоклаз, эпидот, каолинит, кальцит, серицит, хлорит, диаспор как в качестве породообразующих минералов иногда присутствуют магнетит и пирит, нередко по ним развиваются гидроокислы железа. В зависимости от соотношения количества плагиоклаза и кварца различают типичные и плагиоклазовые кварцевые порфиры. Окраска их белесоватая с желтым, желто-бурым, розовато-лиловым оттенками или светло-зеленая. Цвет отдельных разновидностей в значительной степени зависит от их геохимических особенностей и литологического состава, а также степени изменчивости. Светлые тона – белые, серые – преимущественно присущи каолинизированным, кремнистым, карбонатизированным, альбитизированным и серцитизированным разновидностям, зеленоватый и желтый – хлоритизированным, эпидотизированным, бурые – лимонитизированным. Интересны взаимоотношения кварца с плагиоклазом, так и ортоклазом, наряду с последовательностью выделения кварц-ортоклаз-плагиоклаз, наблюдается и обратная картина, т.е. идиоморфизм по отношению к ортоклазу, а также темноцветным компонентам, различные количественные соотношения этих двух минералов в микропегматитовых и гранофировых сростаниях.

СТРУКТУРНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ ПОРОД РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Зинчук Н.Н.

nnzinchuk@rambler.ru, Западно-Якутский научный центр АН РС(Я),
Мирный, Россия

Выветривание представляет собой глобальный процесс физико-химического преобразования пород как в субаквальных, так и в субаэральных условиях. Процесс выветривания затрагивает практически все слагающие верхнюю оболочку Земли породы, т.е. изверженные, метаморфические и осадочные, включая карбонатные и хемогенные разности последних. Наиболее четкие закономерности указанного процесса наблюдаются в профилях выветривания алюмосиликатных пород (особенно изверженных), отдельные разности которых характеризуются выраженной контрастностью как по химическому составу, так и по минералогическим особенностям. Однако для выяснения некоторых частных вопросов минералогии кор выветривания (КВ) при сравнительном анализе различных типов элювиальных продуктов весьма важные данные могут быть получены также при изучении кор и на осадочных породах. Механизм гипергенного преобразования различных гипогенных минералов определяется их структурными особенностями. Так, минералы островной (оливин), цепочечной (пироксены), ленточной (амфиболы) и каркасной (полевые шпаты) структур в процессе выветривания подвергаются последовательному растворению. В отличие от этого, слоистые силикаты (к группе гипогенных разновидностей которых относятся главным образом слюды и в меньшей степени хлориты и серпентиновые минералы) в зоне гипергенеза испытывают гамму различных твердофазных трансформаций. В результате этого из продуктов преобразования первичных минералов в каждой зоне возникают новые вторичные образования. Наиболее четкие закономерности указанного процесса наблюдаются в профилях КВ алюмосиликатных пород (особенно изверженных). *Бесслюдистые кислые породы* (типа *лейкократовых гранитов* о.Ольхон на Байкале), содержат до 54% микроклина, 22% олигоклаза, 16% кварца и 4% слюды (мусковита и биотита). В нижней зоне профиля КВ такие породы характеризуются появлением лишь небольшого количества (~4%) слабо упорядоченного преимущественно Al-Fe³⁺-монтмориллонита ($b=0,894$ нм) и галлуазита ($b=0,894$ нм). Вследствие неустойчивости монтмориллонита по мере последовательного снижения щелочности среды из продуктов его разложения формируется каолинит ($b=0,890$ нм) в виде относительно крупных пачек как по оси c , так и в плоскости ab , а доля галлуазита снижается. Бесслюдистые *основные породы* (типа *амфибол-плагиоклазовых гнейсов архея*) представлены на 60% плагиоклазом типа андезин-лабрадора и на 40% амфиболом. В нижней зоне профиля КВ этих пород содержится примесь монтмориллонита, который относится преимущественно к триоктаэдрической Mg-Fe²⁺-разновидности ($b=0,918$ нм). В средней зоне возникают промежуточные разновидности минерала ($b=0,900$ нм), за счет продуктов деструкции которого развивается каолинит ($b=0,892$ нм). Последний имеет более высокую степень совершенства структуры с политипной модификацией $1T_k$. Каолинит в профиле выветривания этих пород характеризуется повышенной дисперсностью. Здесь усиливается процесс возникновения промежуточных фаз с элементами ди-триоктаэдрического заселения октаэдрических позиций в их структуре, т.е. образованием ди-триоктаэдрического Mg-Fe³⁺-монтмориллонита ($b=0,908$ нм). Возрастает содержание каолинита, в котором одновременно повышается степень совершенства структуры. В отличие от рассмотренных выше бесслюдистых пород, *слюдистые образования* (типа *терригенно-карбонатных отложений* нижнего палеозоя Западной Якутии), содержат в нижней зоне профиля КВ диоктаэдрическую гидрослюду ($b=0,900$ нм) в виде смеси политипных модификаций $1M$ и $2M_1$ ($1M > 2M_1$), триоктаэдрический хлорит ($b=0,922$ нм) и серпентин ($b=0,935$ нм). В средней зоне КВ рассматриваемых пород хлорит и серпентин полностью исчезает. Подвергается существенной деградации также гидрослюда $1M$ (как менее устойчивая по сравнению с $2M_1$), причем трансформационные процессы в структуры гидрослюды $1M$ обуславливают увеличение ко-

личества разбухающих слоев, а гидрослюда $2M_1$ остается относительно стабильной. Возникающие монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования (МГСО) в кислой среде, свойственной верхней зоне КВ, быстро подвергается деструкции с образованием полубеспорядочного в структурном отношении каолинита. В результате указанных трансформаций содержание гидрослюда $1M$ к верхам профиля резко снижается ($2M_1 > 1M$). Изученные нами разности *ультраосновных пород* (*кимберлиты* Сибирской платформы) представлены агрегатами серпентина из слоев типа *A* и *B* ($b=0,929$ нм) и кальцита с рассеянными выделениями магнетита, а также разнообразными псевдоморфозами по оливину и переменным количеством вкрапленников флогопита. В нижней зоне КВ таких пород содержится примесь хлорита ($b=0,920$ нм), сепиолита, ди- триоктаэдрического Mg-Fe³⁺-монтмориллонита ($b=0,905$ нм) и гидрослюда ($b=0,900$ нм) $1M$, ассоциирующей с МГСО, относящимися в последних двух случаях в продуктах частичной диоктаэдризации флогопита. В средней зоне отмечается последовательное увеличение количества гидрослюда, а серпентин представлен только слоями *A*. Увеличивается также содержание Mg-Fe- и Mg-хлорита, а также Mg-Fe³⁺-монтмориллонита. Смешанослойная фаза характеризуется тенденцией к упорядоченному чередованию преобладающих – неразбухающих пакетов с подчиненными – разбухающими.

Таким образом, приведенные данные показывают, что формирование отдельных зон в профиле выветривания различных типов бесслюдистых и слюдистых пород (от кислых до ультраосновных включительно) определяется не только их минералогией и гидрохимией среды на разных уровнях выветривания, но и структурными особенностями пороодообразующих минералов и механизмом их преобразования в зоне гипергенеза. Главнейшим процессом изменения бесслюдистых пород является растворение исходных минералов и, в зависимости от скорости выноса подвижных элементов из системы минералообразования и соответствующих изменений кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных параметров, последовательно развивающийся синтез определенных минералов или их ассоциаций. Указанный механизм преобразования исходных пород и возникновения в различных зонах профиля выветривания пород минеральных фаз подчеркивается характером взаимоотношения между первичными и вторичными минералами. В профилях выветривания ультраосновных пород (в кимберлитах), однотипные минералы, встречающиеся как в основных, так и ультраосновных разностях пород, учитывая принцип универсальности, характеризуются близким механизмом преобразования. Особенностью гипергенного процесса в этих породах на раннем его этапе благодаря длительному сохранению высокощелочной среды является в основном лишь перекристаллизация относительно высокотемпературной политипной модификации серпентина *B* в наиболее низкотемпературную – *A*. Особенностью изменения пород (от кислых до ультраосновных) уже в нижней зоне является возникновение за счет первичных гипогенных минералов (триоктаэдрических слюд) гипергенного хлорита. В средней зоне наибольшее развитие имеют разбухающие минералы. Указанные минералы в основных и ультраосновных породах относятся не только к собственно диоктаэдрическому, но и близкому к триоктаэдрическому с прогрессирующей диоктаэдризацией последнего вверх по профилям выветривания. Сравнительный анализ рассмотренных выше КВ показывает, что наряду с минералогическими особенностями исходных пород и гидрогеохимическими условиями среды важное значение в формировании элювиальных продуктов имеют также три следующих фактора. Первый – это степень структурной упорядоченности первичных минералов. Второй связан с унаследованностью этих свойств вновь возникающими фазами. И третий включает универсальность процесса преобразования гипогенных и образования гипергенных минералов в профилях выветривания, развитых на различных типах пород. Указанная методология позволяет дифференцировать на структурном уровне одни и те же видовые разновидности первичных минералов, а также идентифицировать вторичные слоистые силикаты, различающиеся в последнем случае либо характером заселения октаэдрических позиций в их структуре, либо способом взаимного наложения отдельных силикатных слоев в структуре этих минералов или их политипией.

СОСУЩЕСТВУЮЩИЕ ЗОНАЛЬНЫЕ ГРАНАТЫ И КЛИНОПИРОКСЕНЫ ИЗ МАФИТОВЫХ ЭКЛОГИТОВ МАКСЮТОВСКОГО КОМПЛЕКСА, ЮЖНЫЙ УРАЛ, РОССИЯ

¹Федькин В.В., ²Лич М.Л., ³Щипанский А.А.,
⁴Вализер П.М., ²Бюрлик Е.Д., ⁵Эрнст В.Г.

¹vfedkin@iem.ac.ru, Институт экспериментальной минералогии РАН,
Черноголовка Московской обл., Россия

²Государственный университет в Сан-Франциско, Сан-Франциско, СА 94132, США

³Геологический институт РАН, Москва, Россия

⁴Ильменский государственный заповедник, УрО РАН, Миасс, Россия

⁵Стэнфордский университет, Стэнфорд, СА 94305-2015, США

Максютовский эклогит-глаукофансланцевый комплекс на южном Урале, Россия хорошо известен как субдукционный комплекс высокого (НР) – сверхвысокого (УНР) давления средне-позднепалеозойского возраста. Характерные фазы сверхвысокого (УНР) давления (псевдоморфозы коэсита, графитовые кубоиды по алмазу, включения микроалмаза) отмечены в ранних работах (Чесноков и Попов, 1965; Добрецов и Добрецова, 1988; Leech, Ernst, 1998, 2000; Bostick et al., 2003). Гранат и пироксен в НР-УНР метабазитовых породах, как правило, рассматриваются как наиболее информативные и консервативные фазы и используются для оценки температуры и давления пика метаморфизма. Целью этого исследования было изучение зональности составов сосуществующих граната и пироксена в их непосредственных контактах, во включениях при равновесии этих фаз на различных этапах эволюции комплекса. На основе микрозондовых данных о составах граната и пироксена проведены термобарометрические расчеты параметров Grt-Cpx равновесия, необходимые для оценки условий формирования Максютковского комплекса. Проведен детальный пространственный микрозондовый анализ крупных зерен граната в его непосредственных контактах с клинопироксеном вдоль границ зерен, и в минеральных включениях. Эти данные были использованы для расчета максимальных температур равновесия Grt + Cpx + Pl + Qz на основе Grt-Cpx геотермометра (Powell, 1985) и для оценки минимального давления на основе Pl-Cpx-Qz барометра (Перчук, 1992).

Новые аналитические данные по составу и зональности породообразующих минералов позволяют критически оценить физико-химические условия образования и эволюции мафических эклогитов Максютковского комплекса. Максимальные температуры и минимальные давления для Grt + Cpx + Pl + Qz равновесия ($T \sim 805-910^\circ\text{C}$, $P \sim 2.5-3.5$ ГПа), зафиксированные в составах сосуществующих фаз указывают на НР-УНР условия формирования комплекса, а также на возможные P-T условия в области стабильности алмаза. Последующие ретроградные и повторные прогрессивные этапы метаморфизма происходили при более низких параметрах, характерных для фации голубых сланцев ($T \sim 450-700^\circ\text{C}$, $P \sim 1.2-1.7$ ГПа) и зеленосланцевой ($T \sim 380-470^\circ\text{C}$, $P \sim 0.7-1.3$ ГПа) фации,

Температурные тренды кристаллизации гранатов в равновесии с клинопироксеном дают информацию об P-T условиях конкретных прогрессивных и регрессивных этапах метаморфизма. Интервалы температурных изменений на разных этапах развития комплекса иногда перекрывают друг друга и не всегда воспроизводятся в образцах из разных частей комплекса. Тем не менее, на основе полученных данных можно говорить о сложной, многоступенчатой истории развития комплекса. По крайней мере, четыре пары проградного и ретроградного метаморфизма выделяются в истории развития комплекса.

(1) Максимально высокий уровень проградного метаморфизма для эклогитов Максютковского комплекса достигал вблизи д. Шубино при $800-900^\circ\text{C}$ и $P = 3,5$ ГПа (УНР образцы 88-17, 161, 271). Ретроградная ветвь этого этапа в том же районе охватывает интервал температур $910-730^\circ\text{C}$ при $P = 3,5$ ГПа (обр. 159, 88-16). Температурный диапазон обеих трендов практически совпадают, и подтверждаются термобарометрическими данными по эклогитам другого участка в районе д. Караяново.

(2) Второй этап прогрессивного минералообразования отмечается в образцах района Караяново в широком диапазоне $T=500-790^{\circ}\text{C}$ при $P\sim 3,5$ ГПа (обр./ 200, 219, 273). Ранее в этом же районе в ультраосновных породах и УНР эклогитах были получены аналогичные параметры $633-740^{\circ}\text{C}$ при $P=3.1-3.4$ ГПа (Вализер и др., 2013, 2015). Ретроградный $P-T$ тренд второй стадии метаморфизма рассчитан на основе состава фаз плагиоклаз-содержащих пород с использованием Grt-Crx геотермометра и Crx-Pl-Qz геобарометра: $T=770-560^{\circ}\text{C}$ и $P=1.7-1.1$ ГПа (обр. 231, 239, 207).

(3) Третья сопряженная пара проградного ($T=10-680^{\circ}\text{C}$ при $P=1.2-1.5$ ГПа) и ретроградного ($T=680-430^{\circ}\text{C}$ при $P=1,0-1,3$ ГПа) метаморфизма широко проявляется в районах Федосеевка и Антинган, а также отмечается в некоторых других образцах (обр. 154а, 235, 238, 239, 185, 95-III, 200, 267? 288, 289). Эклогиты этой стадии, как правило, подвержены сильному диафторезу и обычно содержат плагиоклаз. Тем не менее, зональные зерна граната сохраняют свои исходные составы, а также структурные признаки предыдущих прогрессивных изменений температуры.

(4) Следы четвертой пары прогрессивного ($T=310-515^{\circ}\text{C}$ при $P=0,9-1,1$ ГПа) и регрессивного ($T=545-310^{\circ}\text{C}$ при $P=0,6-1,0$ ГПа) развития Максютовских эклогитов проявлены в низкотемпературных образцах из района Федосеевки и Караяново (обр. 230, 236, 95-4). Они описывают $P-T$ условия конечной зеленосланцевой фации стадии метаморфической эволюции комплекса.

Таким образом, составы сосуществующих Grt и Crx позволяют рассчитать температурные интервалы и $P-T$ тренды развития конкретных этапов формирования комплекса. В некоторых образцах фиксируется несколько температурных трендов, дополняющих друг друга и создающих картину многоступенчатости процесса эволюции комплекса. С другой стороны, наличие в одном образце трендов противоположной направленности указывают на незавершенность процесса повторного установления равновесия и предполагает циклический и прерывистый характер их кристаллизации.

Авторы благодарят программу Фулбрайт (научный грант 2011 г. и малый грант 2015 г.) за финансовую поддержку этих исследований и поддержку работы В.В. Федькина в Стэнфордском университете. Авторы также благодарят Геоаналитическую лабораторию Университета штата Вашингтон за прекрасные анализы Максютовских пород, сделанных при поддержке Стэнфордского университета.

Литература

1. Bostick, B., et al. (2003) Positive identification of microdiamond from the Maksyutov Complex, south Urals, Russia // American Mineralogist v. 88, p. 1709-1717.
2. 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.
3. 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.
4. Powell, R., 1985. Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/ geobarometer calibration: the garnet-clinopyroxene Geothermometer revisited // J. Metamorph. Geol. 3, 231-243
5. Вализер П.М., Краснобаев А.А., Русин А.И. (2013) Жадеит-гроссуляровый эклогит Максютовского комплекса, Южный Урал : Литосфера, т.4, с. 50-61.
6. Вализер П.М., Краснобаев А.А., Русин А.И. (2015) УНРМ эклогит Максютовского комплекса (Южный Урал) // Докл. РАН, т. 461, № 3, с. 316-321.
7. Перчук А.Л. (1992) Новый вариант омфацит-альбит-кварцевого геобарометра с учетом структурных состояний омфацита и альбита // Докл. АН СССР. 324: 1286-1189.

ТИПОМОРФНЫЙ ПРИЗНАК МОНТМОРИЛЛОНИТА, ОТВЕЧАЮЩИЙ ЗА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ БЕНТОНИТА ОСТРОВА САХАЛИН

Бочарникова Ю.И., Сивков Д., Боева Н.М.

j.sharova@mail.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), Москва, Россия

В данной работе была изучена кристаллохимическая особенность монтмориллонита участка Водопадный Тихменевского месторождения о. Сахалин, связанная с положением катиона магния в кристаллической структуре минерала. Была установлена взаимосвязь температуры дегидроксилизации монтмориллонита с глубиной залегания пластов бентонитовой глины.

Участок Водопадный является продолжением в северо-западном направлении Тихменевского месторождения бентонитовых глин. Рассматриваемый объект расположен в пределах одноименного бурогоугольного месторождения на восточном побережье центральной части о. Сахалин. Административно месторождение входит в состав Поронайского городского округа Сахалинской области РФ и расположено в 15 км западнее районного центра – г. Поронайска. Согласно тектонической схеме, район Тихменевского месторождения расположен в пределах Центрально-Сахалинского грабенообразного прогиба. Собственно месторождение приурочено к угленосным отложениям верхнедуйской свиты. Углы падения пород в пределах участка Водопадный изменяются от 50-65° в южной части до 80-90° в северной, вплоть до опрокинутого залегания вблизи дневной поверхности. На глубине углы падения несколько выполаживаются [1].

По мере увеличения глубины залегания пластов бентонитовых глин происходит их уплотнение и по степени литификации они приближаются к вмещающим аргиллитам и алевролитам [1].

В ряду от диоктаэдрических монтмориллонитов к триоктаэдрическим сапонитам с ростом степени замещения в алюмогидроксильном слое вакантных позиций и алюминия на магний температура его дегидроксилизации растет [2]. С увеличением температуры дегидроксилизации повышается термостойкость глины.

Для некоторых видов производств (литейная промышленность) требуется монтмориллонитсодержащая глина – бентонит с повышенной термостойкостью. Термостойкость определяет температурные границы эксплуатации материала. В ГОСТе 28177-89 [3] под термической устойчивостью (термостойкостью) глин понимают отношение пределов прочности влажной прокаленной глины и исходной глины. По сути, этот термин не вступает в противоречие с определением термостойкости по температуре дегидроксилизации. Но, все-таки, более обоснованным является подход, базирующийся на определении кинетических параметров, так как реакция дегидроксилизации хорошо описывается формально-кинетическим уравнением первого порядка:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = A_0(1-\alpha)\exp\left(-\frac{E}{RT}\right),$$

где $\frac{d\alpha}{d\tau}$ – скорость реакции, b – глубина превращения, $b = m/m_0$, m – масса вещества, претерпевшего превращение к данному моменту времени ϕ , m_0 – исходная масса вещества, R – универсальная газовая постоянная, A_0 , E – постоянные. Произведя некоторые преобразования и сделав несколько допущений пришли к:

$$T_0 = \frac{E}{R\left(\frac{E}{RT_m} + 2\ln\left(\frac{E}{RT_m}\right)\right)},$$

где T_0 – температура термического эффекта, при нулевой скорости нагрева, то есть не зависящей от скорости нагрева, T_m – температура пика на кривой ДТА [4], где остается неиз-

вестной величиной только E – «эффективная» энергия активации реакции. Для определения этой величины существует множество методов. Например, метод Пилюяна [5] или Киссенджера [6]. Говоря другими словами, температура дегидроксилизации определяет термостойкость монтмориллонита.

На примере работы Костера ван Гросса [7] можно отметить, что на температуру дегидроксилизации влияет встраивание катиона магния внутрь октаэдра. По приведенным в этой статье ДТГ-кривым отчетливо видно, что при нагревании насыщенных разными катионами монтмориллонитов, температура дегидроксилизации Mg-насыщенного образца выше, чем Ca-насыщенного [7]. В статье Аяри с соавторами. [8] показано, что после прокаливания выше 300°C магний-насыщенный монтмориллонит перестает набухать в многоатомном спирте, значит, обменный катион магния перестает быть обменным и из межслоевого пространства переходит в октаэдрический слой. Химические реакции под влиянием высокой температуры и давления стремятся идти в сторону уменьшения объема минералов и увеличения удельного веса. [9] С ростом глубины залегания пластов бентонитов, повышается давление в породе и, соответственно, у катиона Mg^{2+} появляется возможность осуществить такой же переход из межслоевого положения монтмориллонита внутрь алюмогидроксильного октаэдра [7], что отражается на повышении температуры дегидроксилизации с увеличением глубины залегания. Есть вероятность, что такой переход может произойти в печи ДСК в случае наличия обменных катионов магния, но их количество во всех пробах примерно одинаково, и с ростом глубины залегания значительно не изменяется.

Термический анализ выполнен на приборе STA 449 F1 Jupiter «Netzsch». Съемка протекала со скоростью $10^{\circ}/\text{мин}$ в окислительной атмосфере воздуха в закрытых крышками корундовых тиглях от 27°C до температуры 1050°C . Масса навески около 40 мг. Запись ДСК- и ТГ-кривых производились одновременно, ДТГ-кривые получали при последующей обработке данных на программном обеспечении.

Получена линейная зависимость максимумов температур дегидроксилизации на кривой ДТГ от гипсометрической глубины залегания вида $y = -1,7317x + 1364,4$, где x – максимум температуры дегидроксилизации, $^{\circ}\text{C}$. В свою очередь данная зависимость подтверждает возможность перехода магния в октаэдры при повышенном давлении.

Литература

1. Боева Н.М., Бочарникова Ю.И., Новиков В.М. Зависимость энтальпии дегидратации от обменных катионов монтмориллонита в бентоните острова Сахалин // Вестник ВГУ. Серия: Геология, 2015, № 4, р. 84-90.
2. Emmerich K., Madsen F.T., Kahr G. Dehydroxylation behavior of heat-treated and steam-treated homoionic cis-vacant montmorillonites // Clays and Clay Minerals, 1999, т. 47, № 5, р. 591-601,.
3. Федорова Р.С. Ред. ГОСТ 28177-89 Глины формовочные бентонитовые. Общие технические условия., Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003, р. 22.
4. Пилюян Г.О., Рафальская О.Р., Дубровинский Р.С. и Лицарев М.А. Способ определения термостойкости слюд // СССР Патент SU 1824561 A1, 30 июнь 1993.
5. Piloyan G.O., Ryabchikov I.D., Novikova O.S. Determination of activation energies of chemical reactions by differential thermal analysis // Nature, № 5067, 1966, 10 december, р. 1229-1229.
6. Пилюян Г.О. и Вальяшихина Е.П. Термический анализ минералов из группы каолинита и галлуазита // Термоаналитические исследования в современной минералогии, Москва : Изд-во «Наука», 1970, pp. 131-206.
7. Koster van Groos A. F., Guggenheim S. Dehydroxylation of Ca- and Mg-exchanged montmorillonite // American Mineralogist, 1989, т. 74, р. 627-636,.
8. Ayari F., Srasrai E. Trabelsi-Ayadi M. Effect of exchangeable cations on the physico-chemical properties of smectite // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2007, № 5, р. 369-378.
9. Бетехтин А.Г. Курс минералогии : учебное пособие, Москва : КДУ, 2007.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УРАНА В КИМБЕРЛИТАХ, ВМЕЩАЮЩИХ И ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТРУБКИ КАРПИНСКОГО-1

Яковлев Е.Ю., Киселев Г.П., Дружинин С.В.

yakovlev_eu@inbox.ru, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН, Архангельск, Россия

К настоящему времени, в применении традиционных методов прогноза и поисков месторождений алмазов, таких как магниторазведка, на территории Архангельской алмазодонной провинции (ААП) наметился определенный кризис [4]. Множество других геофизических и геохимических методов, опробованных для решения задачи поисков коренных месторождений алмазов, не продемонстрировали устойчивую эффективность [2]. Основные негативные факторы, осложняющие поиски кимберлитов на данной территории в настоящее время известны и обусловлены они как особенностями геологического строения территории, так и вещественным составом самих кимберлитов [1]. В связи с этим, особую важность приобретает необходимость разработки новых подходов в решении задач поисков месторождений алмазов и внедрения их в практику поисковых работ.

Одним из перспективных направлений в развитии новых технологий поисков кимберлитовых тел в ААП являются радиогеохимические методы, основанные на целом комплексе выявленных радиоизотопных особенностей, присущих трубкам взрыва щелочно-ультраосновных пород [3]. Наиболее отчетливо среди выявленных радиоизотопных особенностей выделяется неравновесный уран, фиксируемый в керне поисковых скважин [5]. Предыдущими исследованиями эмпирически установлен тот факт, что на контактах кимберлитовых пород обнаруживается более высокая активность изотопа ^{234}U , чем у его материнского нуклида – изотопа ^{238}U . При этом изотопное отношение $\gamma = ^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ становится больше 1. Значения величины изотопного отношения в породах на контакте с кимберлитами могут достигать до 3,5 единиц, что было установлено на трубке Пионерская Золотицкого поля [5]. Кроме этого, было показано, что четкой зависимости от возраста и типа пород не обнаруживается – в исследованных разновозрастных отложениях изотопное отношение урана близко к равновесному.

В настоящее время исследования в данном направлении активно развиваются, что обусловлено необходимостью накопления экспериментальных данных и проверки выполнимости тех исходных предпосылок, которые были сформированы в результате предыдущих исследований. Необходимость получения новых фактических данных по другим кимберлитовым объектам и установления общих закономерностей в распределении радиоизотопов определила обоснованность детального исследования радиоактивных изотопов в околотрубочном пространстве трубки Карпинского-1. Имеющиеся фактические данные по исследованию радиоизотопов в породах трубки Карпинского-1 не позволяют сделать однозначные выводы о характере распределения и степени фракционирования изотопов [3]. Это связано с тем, что образцы пород на трубке Карпинского-1 были отобраны только в западной части карьера. Равномерность опробования была осложнена тем, что на момент отбора образцов (2014 год) восточный борт трубки не был скрыт карьером. С этой целью в 2016 году повторно было произведено более детальное опробование и изучен изотопный состав урана в кимберлитах, вмещающих и перекрывающих отложениях трубки Карпинского-1. Опробование осуществлялось по периметру трубки и по всему разрезу осадочных отложений в пределах вскрытой карьером части.

Вмещающей толщей в пределах вскрытого карьера являются отложения золотицкой свиты верхнего венда, представленные песчаниками с прослоями алевролитов. Комплекс перекрывающих пород представлен отложениями урзугской свиты карбона и четвертичными образованиями. В разрезе урзугской свиты развиты песчаники с редкими маломощными прослоями алевролитов. В вертикальном разрезе трубка имеет форму типичной воронки взрыва. Кратерная фация выполнена толщей осадочно-вулканогенных образований,

сложенных туфами, туффитами с прослоями туфопесчаников и песчаников. Жерловая фация трубки сложена ксенотуфобрекчиями и автолитовыми брекчиями.

Уран из пород извлекался радиохимическим методом с последующим измерением на альфа-спектрометре с полупроводниковым поверхностно-барьерным детектором.

Изотопный состав урана в кимберлитах жерла изменяется в пределах 0,987-1,045 γ , концентрация урана от 0,64 до 1,07 ppm. Для осадочно-вулканогенных отложений кратерной фации характерны более широкие пределы изменения величины γ , которая колеблется от 1,047 до 1,232 и концентрации урана, изменяющейся от 0,79 до 2,44 ppm. В песчаниках урзугской свиты среднего карбона изотопное отношение изменяется в пределах 0,957-1,014, концентрация урана колеблется в пределах 0,68-1,30 ppm. В четвертичных образованиях представленных песчано-гравийной смесью наблюдаются значения γ , изменяющиеся от 0,929 до 0,995, при изменении концентрации урана в пределах 1,33-1,91 ppm. Образцы вмещающих пород золотицкой свиты венда, представленных песчаниками характеризуют значения величины γ изменяющиеся в самых широких пределах среди изученных пород от 0,886 до 1,537. Концентрация урана колеблется от 0,63 до 1,89 ppm. Полученные фактические данные свидетельствуют, что изотопный состав урана в изученных образцах далеко не равновесный, как того требует закон радиоактивного распада урана, согласно которому через 1 млн лет между ^{234}U и ^{238}U должно наступить равновесие, т.е. значения γ должны быть близки к 1. В целом это справедливо для изученных пород урзугской свиты среднего карбона, в них наблюдается равновесный изотопный состав урана, это же характерно и для залегающих выше по разрезу четвертичных образований. Автолитовые брекчии жерла также имеют близкий к равновесному изотопный состав урана. Совершенно иная картина характерна для вмещающих отложений околотрубочного пространства, представленных песчаниками золотицкой свиты венда, а также для туфогенно-осадочных образований кратерной фации, приуроченных к эндоконтам трубки Карпинского-1. Величина γ достигает 1,537, что характеризуется как резкое нарушение изотопного равновесия урана, происходящее в настоящее время на контакте кимберлитовой трубки с вмещающими отложениями.

Таким образом, установленные закономерности в изменении изотопов урана на трубке Карпинского-1 находятся в хорошем согласии с полученными ранее данными и подтверждают единую природу образования избытков урана-234 на трубках Золотицкого поля, что доказывает устойчивость неравновесного урана в околотрубочном пространстве других кимберлитовых тел в качестве локального поискового признака.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 16-35-00153 мол_а

Литература

1. Андросов Е.А., Вержак В.В., Ларченко В.А. и др. О структурном контроле размещения кимберлитовых тел на примере Архангельской кимберлитовой провинции // Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее (алмазы-50). СПб. : ВСЕГЕИ. 2004. С. 9-18.
2. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Зубов Е.И. и др. Интерпретация аэрогеофизических данных при поисках месторождений твердых полезных ископаемых // Разведка и охрана недр. 2006. № 5. С. 18-26.
3. Киселев Г.П., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В. Неравновесный уран в околотрубочном пространстве кимберлитовых тел Золотицкого поля Архангельской алмазоносной провинции // Успехи современного естествознания. 2016. № 9-0. С. 117-125.
4. Коротков Ю.В. К вопросу о выделении и отслеживании разрывных нарушений по характерным изменениям проводимости в толщах осадочных отложений // Геофизические исследования. 2011 Т. 12. № 4. С. 81-92.
5. Яковлев Е.Ю., Киселев Г.П., Дружинин С.В. Неравновесный уран в кимберлитах и вмещающих породах трубки Пионерская месторождения им. М.В. Ломоносова // Вестник САФУ. Серия Естественные науки. №1. 2016. С. 19-28.

S-IV

СЕКЦИЯ ГЕММОЛОГИИ

ЭСТЕТИКА ФРАКТАЛЬНЫХ ФАКТУР ПОВЕРХНОСТЕЙ НАТУРАЛЬНЫХ КАМНЕЙ

Бердичевский Е.Г.

bersev@mail.ru, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,
Великий Новгород, Россия

Влияние фактуры поверхностей камней, используемых при изготовлении художественно-сувенирных и ювелирных изделий, на их дизайн и эстетику весьма значительно, а часто и определяюще. Традиционно фактуры поверхностей классифицируют на гладкие, шероховатые и рельефные. В свою очередь рельефные фактуры разделяют на регулярные и случайные. Регулярный рельеф представляет собой упорядоченное сочетание выступов и впадин различного профиля. Такой рельеф может быть получен механическим гравированием и фрезерованием. Случайный рельеф подразделяется на скалистый и ломаный и часто имитирует поверхность дикого необработанного камня.

В последнее время в практику геммологии входят так называемые фрактальные рельефы поверхностей натуральных камней, обладающие высоким и неизученным эстетическим потенциалом, позволяющим создавать инновационные высокохудожественные изделия [1]. Фрактальный рельеф нельзя рассматривать как разновидность случайного рельефа, так как он обладает рядом специфических свойств и формируется по определенным алгоритмам.

Характерными качествами фрактального рельефа, как и любого фрактального изображения, являются структурное самоподобие, масштабная инвариантность, дробная топологическая размерность (размерность Хаусдорфа-Безиковича) [2]. Объект считается самоподобным, когда увеличенные части объекта похожи на сам объект и друг на друга. Поэтому небольшая часть фрактала содержит информацию о всем фрактале. Самоподобие отражает иерархический принцип построения фрактальной структуры. Масштабная инвариантность характеризует то обстоятельство, что любые фрагменты фрактала, как бесконечно большие, так и бесконечно малые по строению не отличаются друг от друга. Дробное значение фрактальной размерности характеризует степень заполнения пространства фрактальной структурой.

В теоретическом плане фрактальное изображение, материализованное в рельефе фактуры, можно рассматривать как визуализацию определенных функций комплексного переменного [2].

Фракталы классифицируются на алгебраические, геометрические и стохастические. Алгебраические фракталы генерируются путем нелинейной итерации функций комплексного переменного. Наиболее известными являются такие фракталы как множество Мандельброта, множество Жюлия, фрактал Галлея [2].

Геометрический фрактал генерируется из ломаной линии по определенным алгоритмам. За один шаг алгоритма каждый из отрезков исходной ломаной линии заменяется на отрезки-генераторы в соответствующем масштабе. В результате многократного повторения этой процедуры формируется геометрический фрактал, обладающий бесконечной длиной и самоподобием. Для формирования рельефных фактур на поверхностях камней приемлемы такие геометрические фракталы как снежинка Коха, треугольник Серпинского, дракон Хартера-Хэйтуэя [2].

Стохастические фракталы создаются, если в итерационном процессе визуализации функций случайным образом меняются какие-либо параметры уравнений [3]. Получаемые при этом искусственные фракталы очень похожи на природные фракталы, к которым относятся очертания горных массивов, облаков, береговых линий, водопадов, кроны деревьев, галактические спирали и многое другое. Б. Мандельброт вообще утверждает, что наш мир фрактален, что «фрактальная геометрия есть истинная геометрия природы» в отличие от Евклидовой геометрии.

Возможность порождать с помощью примитивных алгоритмов сложные нетривиальные структуры, обладающие необычной эстетикой, стала сенсационным открытием последней трети прошлого века.

Анализ фрактальных рельефных фактур показал, что в их основе лежат спирали, концентрические круги, древовидные структуры, пересекающиеся причудливым образом. В композициях можно увидеть фантастические цветы, хаотичные языки пламени, траектории космических тел. Иногда невозможно понять, на что похоже фрактальное изображение, но оно всегда завораживает своей таинственностью и необычностью. Уместно говорить о магии фракталов.

В [4] выделяются четыре признака эстетики фракталов, полностью применимых к фрактальным рельефам поверхностей натуральных камней:

1. Фрактал есть гармония Космоса и Хаоса;
2. Фрактал есть самоподобие или единство в многообразии;
3. Фрактал есть красота в простоте;
4. Красота есть морфологический и семантический фрактал.

Для формирования высокоэстетической фрактальной фактуры на поверхностях натуральных камней художественно-сувенирных изделий наиболее пригодны двумерные стохастические фракталы [5].

Фрактальный рельеф генерируется путем предварительного компьютерного моделирования и последующей технологической реализации модели на программируемом оборудовании. Существует несколько апробированных программных продуктов генерирования и моделирования стохастических фрактальных структур. Для создания фрактальных рельефных структур на поверхностях поделочных камней, используемых для ювелирных целей, целесообразно использовать алгоритм Diamond-square. Фактуры для сравнительно больших поверхностей (столешницы, визитницы, шкатулки, подставки и др.) целесообразно моделировать с помощью программ Terragen или Bryce. Ряд графических редакторов общего назначения, например, GIMP включают фильтры или плагины для генерации стохастических фракталов.

Воспроизводится фрактальный рельеф на поверхности камня лазерной гравировкой. Целесообразно использовать для гравировки на драгоценных и полудрагоценных камнях CO₂ – лазер. Толщина луча в пределах 0,01 мм, глубина гравирования – 0,3 мм. Операция осуществляется на оборудовании с числовым программным управлением (ЧПУ) по вышеперечисленным программам. Варьируя наладки и режимы обработки, можно получить четкую фрактальную фактуру на поверхности любого камня. Предварительно поверхность, на которой формируется фактура, полируется до достижения средней высоты микрошероховатостей 0,01 мм.

Возможно создание коллекции фрактальных фактур для поверхностей различных камней с целью гармонизации эстетики фактуры с декоративностью и текстурой камня.

Литература

1. Бердичевский Е.Г. Инновационный дизайн ювелирных изделий // Электронное научное издание «ДИЗАЙН. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА». – М. : ГОУ ВПО МГУПИ, 2013. – № 13. – С. 1-10
2. Мандельброт Бенуа. Фрактальная геометрия природы. – М. : Институт компьютер. Исследований, 2002. – 654 с.
3. Тарасенко В.В. Фрактальная логика. – М. : URSS, 2008. – 117 с.
4. Волошинов А.В. Об эстетике фракталов и фрактальность искусства / А.В. Волошинов // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. – М. : Прогресс-Традиция, 2002. – 380 с.
5. Бердичевский Е.Г., Мельникова Е.Н. Компьютерное моделирование 2D-фракталов // Геометрия многообразий и ее приложения : мат-лы научной конф. с междунар. участием, Улан-Уде – оз. Байкал, 18-21 июня. – Улан-Удэ : Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2014. – С. 55-61.

СПАРТАК АХМЕТОВ, ГЕММОЛОГ, УЧЁНЫЙ, ПИСАТЕЛЬ

Гадиятов В.Г.

gadiatovvg@mail.ru, Воронежский государственный технический университет,
Воронеж, Россия

Более десяти назад под впечатлением прочитанной книги «Беседы о геммологии» я связался с вдовой Спартака Ахметова – Галиной Леонидовной Ахметовой, и она поведала о его творчестве. И вот сейчас за год до 80-летнего юбилея Спартака Ахметова, хочу рассказать об этом удивительном человеке многогранного таланта – геммологе, учёном, писателе, переводчике, оставившем после себя яркий след.

Вся жизнь Спартака Фатыховича Ахметова связана с изучением и синтезом, ювелирных и технических монокристаллов самоцветов. С. Ахметов родился в Казахстане в 1938 г., в Алма-Ате окончил геологоразведочный факультет Казахского политехнического института и аспирантуру, в 1965 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Физико-химические исследования твердых фаз, полученных в процессе гидрохимической щелочной обработки глиноземсодержащих материалов». Автор более 180 научных работ, в том числе 20 изобретений, лауреат премии Совета Министров СССР. Спартака Ахметова по праву можно назвать популяризатором геммологии. В 1989 году, когда о геммологии многие даже не слышали, в издательстве «Молодая гвардия» в научно-популярной серии «Эврика» тиражом в 100 тыс. экз. вышла его книга «Беседы о геммологии» (рецензент Ю.П. Солодова). В 1994 г. он получил грант Сороса на написании книги о минералах «Все сокровища мира».

Встреча с выдающимся писателем-фантастом И.А. Ефремовым подтолкнула С. Ахметова к научной фантастике. Так в 1977 г. появился первый научно-фантастический рассказ «Малёк и корсар» (соавтор А. Янтер). Позднее были произведения о голографии («Байкальский вариант», 1978) и космических полётах («День Венеры», 1982), о путешествии во времени («Соискатели», 1981; «Шок», 1984; «И снова в мае», 1986; «Цугцванг», 1992). Но большинство его произведений, вышедших отдельными книгами, а также в журналах «Природа», «Уральский следопыт», «Химия и жизнь» и многих других широко известных изданиях, навеяно самоцветами, служившими источником вдохновения автора. Переводились они на английский, французский, татарский, узбекские языки. Во всех его произведениях доступными словами и увлекательно говорится о сложном.

Перу Спартака Ахметова принадлежат также «Алмаз шах» (1982), «Грани граната» (1990), «Камень твоей судьбы» (1992), «Лифт до Юпитера» (1983), «День Венеры» (1982), «Сигналы жизни» (1985), «Рассказы о самоцветах» (1986), «Многоликий кремний» (Соавтор С.Н. Иванов, 1987), «Искусственные кристаллы граната» (1982), «Карбункулы, лалы и яхонты» (Соавтор Г.Л. Ахметова, 1984), «От авантюрина до яшмы» (Соавтор Г.Л. Ахметова, 1990), «Огненный клубок» (1982) и др.

С. Ахметов был библиофилом, этим объясняются многочисленные ссылки на произведения мировой художественной и научной литературы, в которых упоминается о драгоценных камнях. Он пишет: «Творчество Ф. Рабле, О. Уайльда, А. Куприна, Г. Уэллса, А. Конан Дойля, П. Бажова, И. Ефремова было бы беднее, не знай они драгоценных камней». Только перечисление авторов всех упомянутых им произведений, составило бы целый список, не поместившийся в этой короткой статье. С. Ахметов не обошёл стороной произведения А. Пушкина, М. Лермонтова, И. Бунина, Н. Лескова и многих других. Не забыл и Афанасия Никитина, оставившего после себя путевые заметки «О хождении за три моря» и описавшего, где «родятся драгоценные камни, рубины, кристаллы, белые агаты...».

Словами Спартака Ахметова, написанными в заключении книги «Беседы о геммологии», хочется закончить. «Геммология – молодая наука. Она постоянно развивается, совершенствует свои приборы и методы. Каждый год открываются новые минералы, синтезируются новые самоцветы... Сколько интересного впереди! Я уверен, что лучший самоцвет увидите и опишете вы, Читатель!»

ПОДЕЛОЧНЫЕ СВОЙСТВА ШАЙТАНСКОГО ПЕРЕЛИВТА

Миронова Н.В., Брусов А.А.

thomrggru@gmail.com, Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Во время Уральской геолого-минералогической практики в июне 2016 года студентами МГРИ-РГГРУ было исследовано месторождение шайтанского переливта. Студенты измерили протяженность, падение, угол падения и мощность жил, а так же отобрали образцы всех зон одного из жильных образований. Часть образцов была привезена в Москву для изучения и изготовления сувениров.

Переливт – колломорфный агрегат полосчатой текстуры, который состоит из кварца с небольшой примесью диккита и некоторых других минералов-примесей (пирит, гетит, гематит, хлорит, гипс) [Глазова, 1985].

Шайтанское месторождение расположено в 4 километрах на северо-восток от села Шайтанка (сейчас село Октябрьское) и приурочено к северо-западному эндоконтакту Адуйского массива. Месторождение представлено серией жил. Сейчас на данном участке разведано 6 переливтовых жил протяженностью от 140 до 430 метров. Падение жил северо-западное и северо-восточное, мощность от 0,3 до 2 метров. Залегают кулисообразно, образуют минерализованную зону длиной более 1000 метров.

В пределах Мурзинско-Адуйского микроконтинента широко распространены поздние кварцевые жилы, преимущественно северо-восточного простирания, выполнение которых представлено следующими текстурными разновидностями жильных агрегатов [Емлин, Старицына, 2005]:

- I. Параллельно-шестоватые агрегаты I-го типа [Григорьев, 1961];
- II. Колломорфные агатоподобные агрегаты;
- III. Субидиоморфнозернистые микрокристаллические агрегаты («фарфоровидный» кварц [Глазова, 1985]).

Простые жилы имеют однородное строение и сложены одной текстурной разновидностью кварца, в сложных жилах представлены все эти типовые текстуры.

Отдельные слои переливта сложены мелкозернистым кварцевым агрегатом, другие мелкозернистым гребенчатым кварцем с признаками расщепления. Минеральные включения либо маркируют границы между отдельными слоями переливта, либо вытеснены в межзерновое пространство между индивидами кварца. Переливт формируется в результате последовательного накопления гидрогеля кремнекислоты в остаточной друзовой полости; сначала он обволакивает поверхность друзового агрегата, а затем, слой за слоем, заполняет полость, формируя полосчатый агрегат. Переливт образуется при раскristаллизации этого гидрогеля. Поскольку дегидратация и раскristаллизация геля происходит очень медленно и постепенно, то гель довольно долго сохраняет пластичность, реагируя на тектонические импульсы «встряхивания» небольшим изгибанием слоев. Встречаются полости, инкрустированные кристаллами кварца с побежалостью. Иногда наблюдаются брекчиевидные структуры [Григорьев, 1961].

Возраст жил Шайтанского месторождения переливта, относящегося к аргиллизитовой формации, составляет 220 млн лет [Сазонов, Аринштейн, 1980], что соответствует позднеколлизийному этапу развития Урала [Сазонов и др., 2005; Коротеев, Сазонов, 2005]. В целом возрастной интервал формации постколлизийных кварцевых жил оценивается как 200-175 млн лет. Нижняя граница соответствует возрасту самых молодых пегматитов месторождения Квартальное – 196 млн лет [Попов и др., 2003], а верхняя определяется временем сантонской морской трансгрессии, перекрывшей восточно-уральский пенеплен (175 млн лет [Сигов, 1969]).

По классификации Е.Я. Киевленко переливт относится к группе ювелирно-поделочных камней II порядка, в которую, например, входят агат, родонит, обсидиан. Он может использоваться для изготовления вставок в броши, серьги, кольца, подвески, колье и другие ювелирные

изделия, а также служить материалом для более монументальных изделий: шкатулок, декоративных ваз и картин, пепельниц, подставок, каменных миниатюр и мозаичных панно. Стоимость его составляет до 15 долларов США за килограмм. Изделия из переливтов со времени их открытия пользуются огромной популярностью. Первооткрывателями шайтанского переливта считаются бергмейстер Александр Васильевич Раздеришин и Яков Федоров, которые в 1787 году открыли его. В XIX веке добычей переливтов занималась Екатеринбургская гранильная фабрика, но сырье отбирали из глинистых наносов, а также собирали на пашне. Настоящее геологическое изучение месторождения началось в 1930-е годы. В 1960-е годы в районе месторождения проводили работы геологи Уральского геологического управления, которые открыли коренное месторождение переливтов. До наших дней другого такового месторождения переливтов в мире не найдено. Позже разработка месторождения велась взрывным способом, после чего сырье сильно ухудшилось в качестве за счет возникших трещин. В настоящее время месторождение, состоящее из шести карьеров, законсервировано и карьеры затоплены водой [Емлин, 2002].

В зависимости от ширины и формы полос, а также от соотношения яркоокрашенных и светлоокрашенных полос могут быть выделены декоративные разновидности переливта. Наиболее распространены прямолинейная или слабоволнисто-тонкополосчатая и гребенчатая разновидности.

Обычно красиво окрашенное просвечивающее сырье используется для кабошонов и пластин, но иногда и для экзотической фасетной огранки. Для распиловки заготовок используются алмазные круги, желательны тонкие, диаметром 150-200 мм. После проводится формообразование и грубая шлифовка на плоскопараллельных или профильных планшайбах, зерно инструмента выбирается таким образом, чтобы чистота обработки не входила в противоречие с производительностью. Для обдирки используют алмазный инструмент с зерном 200/160 и 160/125. Тонкая шлифовка осуществляется зерном 100/80 и 60/40. Доводка перед полировкой осуществляется на брезенте с алмазными пастами с зерном 40/28, 20/14, 10/7. Можно использовать абразивные порошки на твердых шлифовальных дисках (планшайбах) примерно с соответствующим размером зерен (обычно шлифпорошок № 28, 14, 10, 5). Окончательная полировка проводится алмазными пастами на мягких или полутвердых полировальниках (ткань, кожа) зерном 2/1, 0,5/0. На заключительной стадии полировки используется водная суспензия порошка оксида церия на влажном войлоке.

Литература

1. Глазова Т.А. Онтогенез переливта Шайтанского месторождения на Урале // Записки ВМО. 1985. Вып. 1. С. 80-86.
2. Григорьев Д.П. Онтогенез агрегатов. Львов : Изд-во Львовского гос. университета. 1961. 285 с.
3. Емлин Э.Ф., Вахрушева Н.В., Кайнов В.И. Самоцветная полоса Урала. Режевской государственный природно-минералогический заказник. Путеводитель. Екатеринбург–Реж, 2002. 160 с.
4. Емлин Э.Ф., Старицына И.А. Формация постколлизионных кварцевых жил (Мурзинско-Адуйский микроконтинент, Средний Урал) // Уральская минералогическая школа – 2005 : мат-лы Всерос. науч. конф. Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2005. С. 92-97.
5. Коротеев В.А., Сазонов В.Н. Геодинамика, рудогенез, прогноз (на примере Урала). Екатеринбург : ИГГ УрО РАН, 2005. 259 с.
6. Попов В.С., Богатов В.И., Петрова А.Ю., Беляцкий Б.В. Возраст и возможные источники гранитов Мурзинско-Адуйского блока, Средний Урал: Rb-Sr и Sm-Nd изотопные данные // Литосфера. 2003. № 4. С. 3-18.
7. Сазонов В.Н., Аринштейн М.Б. Соотношение березитов, аржиллитов и агат-переливтовой минерализации на Шайтанском месторождении (Средний Урал) // Рудоносные метасоматиты Урала. Свердловск, 1980. С. 12-21.
8. Сигов А.П. Металлогения мезозоя и кайнозоя Урала. М. : Недра, 1969. 296 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ

Пахомова В.А., Федосеев Д.Г., Тишкина В.Б., Буравлева С.Ю., Карабцов А.А.
pakhomova@fegi.ru, ФАНО ФГБУН Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Россия

Благодаря технологическим инновациям в современном мире существуют и активно развиваются методы выращивания синтетических алмазов, которые, благодаря своим уникальным свойствам (теплопроводности, износостойкости, способности существовать в агрессивных и радиационных средах), нашли применение во многих сферах деятельности человека: в медицине, в области компьютерных технологий, создании мобильных портативных устройств, в ядерных исследованиях. Частный случай использования синтетического алмаза ювелирного качества - изготовление бриллианта. Огромное количество синтетических алмазов (наряду с природными «неювелирными») применяется для изготовления абразивов, причем, как известно, это позволяет улучшать свойства алмазных инструментов.

Из истории алмазного бурения известно, что первоначально (конец XIX в. и начало XX в.) для изготовления алмазных коронок использовали «крупные» алмазы массой от 0.1 до 0.4 г (или от 0.5 до 2.0 карата) технического качества. В начале XX века стали выпускать коронки, матрицы которых содержали множество мелких алмазов. Широкое применение алмазного бурения началось в нашей стране в 1923-1924 гг. Потребность в дешевых синтетических алмазах привела к их созданию сначала в Швеции – в 1953 г., затем в России (бывшем СССР) и США – в 1956 г. В настоящее время в Китае производство синтетических алмазов методами НТНР и CVD приближается к двум миллиардам карат в год (для сравнения: в Советском Союзе выпуск алмазных порошков составлял 250 млн в год).

Длительная эксплуатация буровых коронок зачастую приводит к тому, что синтетические алмазы могут выпадать из гнезд и теряться вместе с природными зёрнами алмазов и других абразивов. Как нам представляется, исследователи, которые занимаются разработкой методов поиска и прогноза месторождений алмазов на основании изучения мелких зёрен из россыпей, не всегда учитывают это обстоятельство.

Результаты исследований последних лет значительно расширили представления об условиях образования алмаза, поиски которого традиционно были ориентированы на алмазоносные кимберлиты, а условия образования предполагали существование высоких давлений. Механизм образования алмазов в общепринятой версии до сих пор является предметом дискуссии. К настоящему времени среди обсуждаемых в литературе теорий происхождения алмаза распространены модели, предполагающие приуроченность месторождений алмаза к гипербазитовым, ультраосновным вулканическим комплексам, метаморфитам, карбонатам, туффизитовым фациям мантийных кимберлит-лампроитов. При безусловной важности этих исследований сопоставление результатов опубликованных данных не представляется возможным, поскольку авторы применяют разные методологические подходы, используют предпочтительные для них методы исследований. За редким исключением (например, [2]), авторы публикаций, посвященных результатам изучения мелких алмазов в россыпях, не приводят результатов исследования самих алмазов, и, следовательно, не учитывают возможность засорения проб техногенным материалом. По этой причине выводы иногда оказываются неполными, схематичными, субъективными, концептуально предвзятыми.

Значительный объем публикаций о находках мелких алмазов (700 мкм – 1 мм) свидетельствует о популярности алмазной тематики в дальневосточном регионе России, а также в Приморье. При этом многие публикации также лишены сведений о результатах непосредственного изучения самих объектов исследований – алмазов [1, 4, 5].

Нами исследованы мелкие алмазы в шлихах различных районов Приморья (баллас, кабонадо, желтые кубооктаэды), а также минералы шлама одной из буровых скважин приморского региона. Диагностика минералов и микровключений в них, а также другие свойства минералов изучались в (ЦКП) ФАНО ФГБУН ДВГИ ДВО РАН. Применялись:

геммологические приборы, оптический поляризационный микроскоп NIKON ECLIPSE LV100POL в комплекте с приставкой для отраженного света; четырехканальный микроанализатор JXA-8100 производства компании Jeol Co Ltd; спектрометр комбинационного рассеяния LabRamHR 800.

Проведено сравнение полученных результатов исследования шлихов и шлама одной из буровых скважин. Среди минералов шлихов обнаружены алмазы, карбонадо, корунд, муассанит, гранаты (андрадит и гроссуляр), циркон, кварц. Проба шлама аналогична по минеральному составу. Алмазы исследованной пробы шлама подразделяются на три типа: темно-серые почти непрозрачные поликристаллические карбонадо, черные, светло-серые, зеленоватые полупрозрачные додекаэдровиды (баллас), и желтые кубооктаэдры, составляющие явное процентное большинство в объемном отношении. Некоторые природные кристаллы представляют собой в части кристаллов плоскогранные октаэдры, в то время как другая их часть - округлая, что мы считаем результатом истирания при взаимодействии алмаза с твердыми горными породами. Среди сингенетичных алмазов включений установлены циркон, гранаты пироп-альмандинового ряда, хромшпинелиды, диопсид, оливин, ильменит, сульфиды [3].

Большинство синтетических алмазов содержат характерные включения расплава, которые заполняют дислокации, выходящие на грань куба и распространяются на криволинейных поверхностях, не связанных со структурой алмаза, что объясняется «эффектом включения», который состоит в том, что при выходе из режима выращивания на поверхности алмаза образуются скелетные кристаллы металлов (сплавов), которые служили растворителями и катализаторами в процессе роста алмаза. Корунды имеют форму булей, характерных для корундов, выращенных расплавленным методом, и содержат включения флюса. В ультрафиолетовых лучах (365 нм) синтетические алмазы становятся ярко-зелеными, желтовато-зелеными, розовые корунды – ярко-красными, муассанит инертен. Большинство синтетических алмазов флуоресцируют.

Сравнение результатов исследований россыпных алмазов, обнаруженных в различных районах Приморья, и алмазов из шлама буровой скважины показали схожесть минеральных ассоциаций, идентичность микровключений, что свидетельствует о необходимости проведения комплекса геммологических и инструментальных методов для идентификации природных и синтетических алмазов, результаты которого позволят исключить техногенное происхождение находок алмазов, которые могут служить основой для генетических выводов.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов: РФФИ №15-05-00809, РФФИ № 16-05-00283, ДВО РАН №15-1-2-0030.

Литература

1. Изосов Л.А., Коновалов Ю.И., Врублевский А.А., Емельянова Т.А. Перспективы алмазоносности Востока Азии и окраинных морей // Тихоокеан. геология. 2000. – Т.19. – № 3. – С. 78-96.
2. Осовецкий Б.М., Казымов К.П., Губин С.А. Поиски кимберлитов в восточных районах Восточно-Европейской платформы // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2010. – № 4. – С. 37-43.
3. Пахомова В.А., Федосеев Д.Г., Тишкина В.Б., Буравлева С.Ю. Новый «генетический тип» алмазных месторождений Приморья: техногенные алмазы из шлама буровых скважин // Геммология : мат-лы седьмой геммологической конференции. – Томск, 2015. – С. 113-122.
4. Сахно В.Г., Матюнин А.П., Зимин С.С. Курханская алмазоносная диатрема северной части Ханкайского массива: строение и состав пород // Тихоокеан. геология. – 1997. – Т. 16. – №5. – С. 6-59.
5. Силаев В.И., Карпов Г.А., Ракин В.И., Аникин Л.П. и др. Алмазы в продуктах трещинного Толбачинского извержения 2012-2013, Камчатка // Вестник Пермского университета. – 2015. – Вып. 1 (26) . – С. 6-27.

ШЕРЛОВА ГОРА – МЕСТОРОЖДЕНИЕ ОЛОВА С ЦВЕТНЫМИ КАМНЯМИ

Петроченков Д.А.

p-d-a@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Месторождение Шерлова Гора находится в Борзинском районе Читинской области, и было открыто в 1723 году, как аквамаринное. Характерной особенностью месторождения является несколько этапов его формирования и комплекс полезных ископаемых, приуроченных к различным участкам. За прошедшие 290 лет Шерлова Гора разрабатывалась на самоцветы, а также берилловые, оловянные, вольфрамовые и висмутовые руды. Основную ценность составили месторождения олова, преимущественно отработанные во второй половине XX столетия.

Оловорудное месторождение является полиформационным. На первом этапе формировалось редкометально-вольфрам-оловянное оруденение, которое относится к грейзеновому промышленному типу. На втором этапе формируется оруденение силикатного промышленного типа железисто-полиметально-оловянной формации, с которым связаны промышленные запасы олова [1, 3].

За счёт коренных источников как силикатного, так и грейзенового промышленных типов образованы ложковые и аллювиальные россыпи. В пределах Шерловогорского рудного узла зарегистрировано 14 оловянных, вольфрам-оловянных и вольфрам-оловянно-висмутовых россыпей. Некоторые из них имели значительные запасы до 0,5-1 тыс. тонн. В россыпи поступали и цветные камни, которые при обработке не извлекались и попадали в отвал. К настоящему времени наиболее крупные и богатые россыпи Шерловогорской группы отработаны. Тем не менее, ряд россыпей падей Замелихинская, Рудничная, Лукаво-Золотая, Лукавая, которые дренируют и грейзеновые зоны с цветными камнями имеют подсчитанные запасы: Sn – 24 т, WO₃ – 286 т и Вi – 22 т. Кроме того не проводился подсчет запасов рудных минералов склоновых отложений, содержащих в том числе цветные камни. Отметим, что на отдельных участках склона часто встречаются крупные кристаллы вольфрамита, а местные жители постоянно добывают кристаллы аквамарина ювелирного качества.

Месторождение цветных камней Шерлова Гора совпадает с проявлениями редкометально-вольфрам-оловянного оруденения (сопки Мелёхинская, Обвинская и Лукавая) и относится к грейзеновому типу. Камнесамоцветная минерализация сформирована на первом этапе функционирования Шерловогорской рудно-магматической системы и включает аквамарин, топаз, дымчатый кварц, цитрин, морион, флюорит, которые ассоциируют с сидерофиллитом, кварцем, ферберитом, касситеритом, висмутином, молибденитом. Камнесамоцветное сырьё формируется в раздувах жил с минерализованными пустотами. Жильные тела достигают десятков метров по простиранию при мощности до 5 м в раздувах [3].

Аквамарины являются основным видом цветных камней Шерловогорского месторождения и единственным, по которому проводились подсчёт запасов и добыча с применением горных выработок. Аквамарины Шерловой Горы относятся к месторождениям аполомосиликатных грейзенов, имеющих небольшое промышленное значение. Аквамарины на них часто добываются попутно с рудными минералами (США, Австралия) [2].

Идеально прозрачные кристаллы аквамарина редки. Их размер не превышает 4-5 см. по длине и 0,5-1 см в поперечнике. Распространены сростки аквамарина с топазом и кварцем, представляющие высокую коллекционную ценность. На крупных кристаллах аквамарина часто нарастают мелкие кристаллики бесцветного топаза, образуя шёточки на поверхности граней. Иногда присутствуют мелкие кристаллики турмалина и вольфрамита.

Топаз относится к числу наиболее распространённых минералов Шерловой Горы в зонах кварц-топазовых, кварц-топаз-сидеритовых грейзеров. В жилах выполнения он встречается в виде мономинеральных агрегатов и друз, в сростании с дымчатым кварцем,

морионом, цветными разновидностями берилла, флюоритом. Размер топазов до 6-7 см по высоте и до 5 см по ширине. Обычно их размер до 2 см. Преимущественно топазы бесцветны, редко светло-голубого и светло-жёлтого цвета. Кристаллы топазов часто трещиноваты и содержат большое количество включений. В качестве ювелирного сырья топазы не рассматриваются. Коммерческий интерес представляют коллекционные образцы: друзы кристаллов топаза, сростки с кристаллами кварца, берилла, флюорита.

Кварц является самым распространённым минералом Шерловой Горы. На месторождении встречаются: горный хрусталь, дымчатый кварц, морион, цитрин. Размер кристаллов кварца в пустотах соизмерим с размером гнездовых раздувов. Крупные кристаллы длиной до 50 см и толщиной около 10 см встречаются редко. Обычно их размер не превышает 4-8 см в длину, при 1,5-3 см в толщине. Для некоторых кристаллов характерно чередование зон цитринового, дымчато-сиреневого и дымчатого цветов вдоль оси *c*. Не смотря на широкий спектр разновидности кварца в качестве коллекционного и ювелирного камня он используется редко.

В качестве коллекционного и ювелирного минерала может служить флюорит. Флюорит относится к широко распространённым минералам Шерловой Горы. Цвет флюорита, как правило, зелёный или серовато-зеленоватый. Характерны полихромные индивиды с зелёными и фиолетовыми зонами, бесцветные кристаллы. Часто встречаются прозрачные кристаллы и зоны пригодные для огранки.

За почти трёхсотлетнюю добычу аквамаринов на месторождении были отработаны основные продуктивные зоны, выходящие на поверхность, что существенно осложняет их дальнейшие поиски. Добывались аквамарины преимущественно индивидуальными старателями-хитниками, а плановые лицензионные работы быстро прекращались из-за нерентабельности, что подтверждает коммерческую ограниченность месторождений грейзенового типа. Для рентабельной работы коммерческого предприятия необходим отбор всех минералов, представляющих коммерческий интерес и широкий спектр видов их обработки. Можно рекомендовать следующий комплексный подход.

Интерьерные и коллекционные образцы. На месторождении к ним относятся кристаллы, друзы, щёточки аквамаринов, топазов, дымчатого кварца, мориона, флюорита, вольфрамит, касситерита, кальцита с пиритом. Друзы, имеющие значительные дефекты, могут использоваться для изготовления подсвечников, декоративных подставок. Крупные фрагменты кристаллов дымчатого кварца и мориона – для изготовления шаров, яиц.

Вставки для ювелирных изделий могут изготавливаться из аквамарина, топаза, дымчатого кварца, мориона, цитрина, флюорита. Учитывая, что основной объём кристаллов аквамарина и топаза являются непрозрачными, изготавливается галтовка для бус, ожерелий. Наряду с классическими видами огранки фасетной и кабошоной, изготавливаются вставки с сохранением природных граней, в виде щёточек и мелких друз кристаллов. В качестве вставок могут использоваться и щёточки касситерита и кальцита с пиритом. Целесообразно в рамках предприятия организовать изготовление ювелирных изделий, разработав модели, позволяющие максимально использовали специфику сырья.

Рудные минералы. Вольфрамит, касситерит, висмутин могут добываться совместно с цветными камнями при промывке склоновых и ложковых отложений. Возможна рентабельна отработка россыпей падей Замелихинская, Рудничная, Лукаво-Золотая, Лукавая, содержащих в том числе и цветные камни. При обработке россыпей могут быть вскрыты продуктивные грейзеновые зоны с цветными камнями.

Литература

1. Геология оловорудных месторождений СССР / под ред. С.Ф. Лугова. Т. 2. Кн. 1. Оловорудные месторождения СССР. М. : Недра, 1986, 429 с.
2. Киевленко Е. Я. Геология самоцветов. М. : Изд. Земля, 2001, 582 с.
3. Шерлова Гора. Минералогический альманах, том 19, вып. 2, 2014, 144 с.

ЮВЕЛИРНЫЕ АММОНИТЫ ДАГЕСТАНА

¹Петроченков Д.А., ²Барабошкин Е.Ю.

¹p-d-a@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия;

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

На мировом рынке, включая российский, в больших объёмах присутствуют аммониты ювелирного качества. Основными их поставщиками являются Мадагаскар, Марокко, Ульяновская и Рязанская области РФ [1, 2]. Аммониты ювелирного качества найдены в Дагестане. Результаты геммологических исследований и оценка перспектив их добычи впервые приводятся в настоящем докладе.

Аммониты ювелирного качества Дагестана связаны с отложениями среднего и верхнего апта, представленными переслаиванием глин, алевролитов, песчаников с горизонтами известковистых конкреций. Общая мощность отложений от 100 до 350 м. Аммониты коллекционного и ювелирного качества расположены в конкрециях. Размер конкреций колеблется от 10 см до 1-2 м. Конкреции в отложениях образуют горизонты мощностью 5-10 м и распределены относительно равномерно через 1-5 м. При размыве отложений конкреции концентрируются в руслах рек и ручьев, образуя россыпи. Россыпи конкреций являются наиболее удобным местом для их сбора.

Конкреции могут быть насыщены аммонитами или не содержать их. Конкреции плотные, разбиваются с большим трудом, что существенно осложняет извлечение аммонитов. Конкреции с аммонитами составляют 20-40 % их общего числа. Для них характерна уплощённая и вытянутая форма. В первую очередь отбираются конкреции на поверхности которых видны фрагменты аммонитов, вскрытые в результате выветривания и разрушения. В конкрециях, помимо аммонитов, присутствуют наутилусы, двустворки, белемниты, гастроподы, окаменелое дерево. Из них только наутилусы по минерализации и декоративности аналогичны аммонитам и вместе с ними могут использоваться в качестве ювелирного материала.

Аммониты коммерческого качества преимущественно от 3 до 10 см в диаметре. Встречаются крупные и уникальные по размерам аммониты до 50 см. Стенки и перегородки раковин хорошо сохранились и отчётливо проявлены на полированных срезах. На внешней стороне раковин частично сохраняется перламутровый слой белого и серовато-белого цвета с матовым блеском. На полированной поверхности перламутрового слоя наблюдается слабо выраженная иризация в коричневато-красных тонах. Для использования в качестве аммолита он не пригоден.

Неразрушенные камеры аммонитов выполнены кальцитом, жилые и разрушенные – мергелем. Большинство камер выполнены кальцитом полностью. Для кальцита характерен коричневый цвет от светлых до темных оттенков. Присутствуют в камерах зоны бесцветного кальцита. Прозрачность кальцита колеблется от непрозрачного и просвечивающего до прозрачного. Текстура выполнения камер зонально-концентрическая. Мергель плотный серого до тёмно-серого цвета с большим количеством мелких минеральных включений.

По данным рентгенографического анализа аммониты состоят преимущественно из кальцита – 80 мас. %, который выполняет неразрушенные камеры и входит в состав мергеля. Присутствуют: арагонит – 15 мас. %, образующий стенки и перегородки раковины; кварц – 2 мас. %, плагиоклаз, гидрослюда, каолинит – менее 1 мас. %, которые входят в состав мергеля, являясь исходными минералами донного морского осадка и продуктами их замещения. В небольшом количестве присутствуют апатит, пирит и гётит – менее 1 мас. %. Апатит и пирит образовались в процессе диагенеза морского осадка, гётит – в результате окисления пирита. По результатам электронно-зондовых исследований установлены также включения сидерита, органического вещества, вторичного минерала группы силикатов, ильменит и лейкоксен. Сидерит, органическое вещество, минерал группы силикатов обра-

зовались в процессе выполнения раковины аммонита, ильменит и лейкоксен характерные минералы донного морского осадка.

Перегородки и стенки аммонита преимущественно выполнены арагонитом с сохранением исходной структуры. В отдельных раковинах наблюдается фрагментарное замещение арагонита кальцитом с образованием пирита, гётита, органического вещества, кремнийсодержащего минерала и большого количества пор. Из элементов примесей арагонит содержит Na и Sr.

Камеры аммонита, по результатам изучения прозрачных шлифов, выполнены различным по структуре кальцитом. Характеры блоки размером до 1,5 мм, различной ориентировки с волнистым угасанием, образованные плотносросшимися, тонкопризматическими кристаллами. Часть фрагментов камер образована относительно крупными (0,2-0,6 мм) кристаллами изометричной, слабо и сильно удлиненной формы, а также мелкими (0,05-0,15 мм) изометричными кристалликами. В ряде камер аммонитов вдоль перегородок и стенок первоначально формируется слой шириной около 0,3 мм из игольчатых и тонкопризматических кристалликов, имеющих близкую ориентировку.

Прозрачность кальцита определяется размером и ориентировкой кристаллов, количеством пор и включений. Слои, образованные мелкими кристаллами, расположенные вдоль стенок и перегородок аммонита и содержащие большое количество включений, просвечивающие или непрозрачные. Центральные части камер, выполненные более крупными, плотносросшимися кристаллами с небольшим количеством пор и включений полупрозрачны и прозрачны.

Кальцит, выполняющий камеры из элементов-примесей содержит Mg, Fe, Mn, в отдельных фрагментах – Sr и Y. Содержания элементов может существенно отличаться в соседних слоях. Содержания Fe и Mn оказывают влияние на оттенки кальцита. Для более темных слоев кальцита характерны более высокие содержания Fe и Mn.

Включения пирита и гётита, дисперсной размерности, формируются преимущественно в разрушенных перегородках и стенках аммонита и вдоль их внешних контактов. Включения немногочисленны и не влияют на декоративность аммонита.

Микротвердость перегородок и стенок раковин колеблется от 363 до 367 кгс/мм² и определяется их составом – арагонитом. Микротвердость кальцита от 231 до 322 кгс/мм², мергеля составляет в среднем – 207 кгс/мм². Аммониты хорошо полируются до стеклянноподобного блеска с ровной поверхностью. Важным положительным технологическим фактором является полное выполнение камер кальцитом.

Аммониты Дагестана по технологическим и декоративным характеристикам несомненно конкурентны как в РФ, так и на мировом рынке. Большие объемы сырья и доступность его добычи позволяют оценивать объекты в качестве месторождений. Аммониты сопровождаются септариями, также представляющие ювелирно-поделочное сырьё и комплексом палеонтологических и минералогических коллекционных образцов, повышающих рентабельность месторождений.

Литература

1. Петроченков Д.А. Верхнемеловые ювелирные аммониты Мадагаскара. Доклады XII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле» т.1.-М. : МГРИ-РГГРУ, 2015. С. 319-320.

2. Петроченков Д.А. Геммологические аспекты верхнедевонских ювелирно-поделочных аммонитов Марокко // Новые идеи в науках о Земле : доклады XII Международной научно-практической конференции. Т. 1. М. : МГРИ-РГГРУ, 2015. С. 321-322.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА ЧЕРНОГОРСКОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР

Литвиненко А.К., Моисеева С.Б.

akl1954@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Месторождение Черногорское открыто в 1977 году Э.А. Дмитриевым. После поисково-оценочных и разведочных работ 1983-1991 гг. геологами экспедиции «Памир-кварцсамоцветы» оно было незаконно переименовано в Кукурт или Кукуртское. Это обстоятельство носит не справедливый и не законный характер по отношению к ушедшему из жизни первооткрывателю, которому должен принадлежать приоритет в наименовании открытого объекта.

В региональном плане месторождение черногорское расположено в восточной части киммерийской тектонической зоны Центрального Памира. Эта зона, выделенная Б.П. Бархатовым (1963), в восточной части осложнена музкол-рангульским антиклинорием, сложенным музкольской серией r_1 , которая испытала два цикла регионального метаморфизма (Расчленение ..., 1976). Первый цикл произошёл в докембрии в р-т условиях высокотемпературной амфиболитовой фации, а второй – в кайнозой – относится к зональному типу и осуществился в р-т условиях от эпидот-амфиболитовой до зеленосланцевой фаций (Дюфур, Котов, 1972; Буданов, Буданова, 1983; Пашков, Дмитриев, ; Геол. карта ... 1989). Скаполит является одним из типоморфных минералов музкольской метаморфической серии (Литвиненко, Барнов, 2011), где он образует три генетических типа и встречается в: 1) метаморфических породах (кристаллических сланцах, кальцифирах, скарноидах, слюдитах с рубином) в виде породообразующего минерала; 2) контактово-метасоматических (биметасоматических) породах в составе моно- и биминеральных метасоматических зон магнезиальных скарнов; 3) пустотах, в мономинеральных скаполитовых и пегматитовых жилах, где скаполит образует прозрачные различно окрашенные кристаллы гидротермально-метаморфического происхождения.

В локальном плане месторождение Черногорское локализовано в сарыджилгинской свите, одной из четырёх составляющих музкольской метаморфической серии.

По данным поисково-оценочных работ экспедиции «Памир-кварцсамоцветы» (Скригителёв и др., 1987; Курилин и др. 1990) проанализированных нами площадь месторождения составляет 350x150 м. Месторождение состоит из двух участков: Скаполит-1 на юго-западе и Скаполит-2 на северо-востоке. Оно сложено толщей чёрных кристаллических сланцев, залегающих субширотно с падением на север под углом 65–80°. В них установлено 28 линзовидных тел или коротких жил длиной от 5 до 7 и мощностью – от 1 до 2 м. Эти параметры мы рассчитали по детальной геологической карте месторождения масштабом 1:500, составленной А.М.Скригителем и др. (1987). Основное количество жил вытянуто в северо-западном направлении являются слабо секущими, но имеются также согласные жилы. Жилы между собой не связаны. Наименьшие расстояния между ними составляет около 5 метров.

Особенностью кристаллических сланцев месторождения является чёрный цвет и отсутствие кварца. По М.С. Дюфур и др. (1992) и нашим данным, они имеют биотит-роговообманковый и плагиоклаз-биотит-роговообманковый состав с высокими содержаниями магнетита, рутила и сфена. По содержанию SiO_2 около 40% их можно отнести к ультраосновным породам. В восточной части месторождения нами обнаружены расслоенные роговообманковые, пироксен содержащие перидотиты с высокими содержаниями хрома и никеля, мощностью около 10 м. «Свежий» не серпентинизированный оливин этой породы представляет большой интерес для реконструкции генетических условий месторождения. Ультраосновной состав вмещающих пород месторождения определил образование скаполитовых жил и формирование в них полостей с ювелирным кристаллосырём.

Разрозненные жилы месторождения позволяют определить его структуру как жильную. Однако наше мнение не совпадает и противоречит утверждению Э.А. Дмитриева,

А.М. Скригителя, М.А. Соловьёва (1983) и др. о штокверке скаполитовых жил и соответственно штокверковой структуре. Укороченные жилы с большими расстояниями между ними никак не позволяют связать их в единый структурный массив.

Жилы сложены шестоватыми кристаллами до 10х6 см белого непрозрачного (из-за большого количества трещин) с сиреневыми участками скаполита. Интерстиции между кристаллами бывают пустыми или заполнены рудными минералами или кальцитом. Контакты с кристаллическими сланцами резкие, чёткие.

Главный промышленный интерес представляют полости, которые находятся в центре жил, где наблюдается их небольшое расширение – раздув. Жилы могут содержать от одной до пяти полостей, которые имеют округлую или щелевидную форму до 40 см в поперечнике. Их объём составляет от 0,03 до 0,1 м³, количество кристаллосырья – от 0,1 до 40 кг, в среднем 4 кг. Максимальный размер кристаллов 12х6х6 см. Они всегда имеют плоскогранные формы, осложнённые разнообразными скульптурами: штриховкой, слоями, бороздками и ямочками растворения. Главной формой является тетрагональная призма, рёбра которой бывают осложнены тонкими без скульптур гранями. Это усложняет тетрагональную призму до восьмигранной. Вершина призмы может быть пирамидой иногда усечённой пинакоидом, редко пинакоидом. Спайность слабо проявлена в двух направлениях: по (100) и (110). Чаще спайности встречаются поверхности раковистого излома.

Скаполиты окрашены в фиолетовый, сиреневый, розовый, жёлтый, дымчатый цвет, встречаются также бесцветные. Самым распространённым – типоморфным – цветом является сиреневый и жёлтый. Лиловую окраску скаполита М.П. Таран и др. (1989) связывают с присутствием парамагнитных центров СО₃, что, по мнению А.А. Золотарёва (1993) и нашему, маловероятно в связи с практическим полным отсутствием этого компонента в его составе.

Кристаллы скаполита обладают отчётливым дихроизмом: от фиолетового до синего, от сиреневого до светло-сиреневого, от розового до светло-розового и от жёлтого до светло-желтого. Почти все кристаллы в ультрафиолетовом свете люминисцируют. Серые имеют яркую люминесценцию желтого цвета, в некоторых образцах люминесценция не наблюдается. При гамма облучении окраска изменяется: жёлтые – в тёмно-розовые с сиреневым оттенком, светло-сиреневые и сиреневые – в тёмно-сиреневые с серым оттенком, в серых вблизи трещин появляются сиреневые зоны. Приобретенная окраска исчезает после нагрева скаполита до 450° в течение 1 часа (Золотарёв, 1993).

Вдоль удлинения некоторых кристаллов наблюдаются пустотелые каналы большой длины и различного сечения. Их сгущения в сиреневых реже жёлтых кристаллах создают эффект «кошачьего глаза». Показатель преломления слабо изменяется n_o от 1,538–1,560, n_e от 1,532–1,552. Низкое двупреломление подтверждается серыми интерференционными окрасками. Показатель преломления хорошо коррелируется с данными химического анализа, на основании которых рассматриваемый скаполит относится к мариалиту, доминирующим летучим анионом которого является хлор. Плотность самоцвета варьирует от 2,56 до 2,64 г/см³. Это изменение, вероятно, обусловлено колебанием количеств пустотелых каналов.

С 1987 по 1991 гг. на месторождении проводилась предварительная разведка двумя штольнями и колонковым бурением. По её результатам были подсчитаны и утверждены в ГКЗ СССР запасы по категориям С₁ + С₂. Они составили (Лопырёва, 1991): скаполитового кристаллосырья – 3106 кг, скаполита-ювелирного – 225 кг, скаполита-галтовочного – 259 кг. Опытно-промышленная разработка (ОПР) продуктивной зоны проводилась с перерывами с 1991 по 1999 годы (Шамси-Заде, 2000). В результате было добыто 2471 кг кристаллосырья в том числе 436 кг ювелирного скаполита. Результаты ОПР показали большую разницу между добычей и запасами ювелирного скаполита 436 кг – 225 кг = 211 кг. На наш взгляд, это свидетельствует о больших потенциальных возможностях месторождения при дальнейшей обработке, которая в настоящее время не осуществляется из-за отсутствия инвестора.

КАЧЕСТВЕННЫЕ КОНДИЦИИ РУБИНОВОГО КРИСТАЛЛОСЫРЬЯ С МЕСТОРОЖДЕНИЯ СНЕЖНОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР

Литвиненко А.К., Шарифи Д.Д.

akl1954@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

dalersharifov@gmail.com, ООО «Асрори санг», Душанбе, Республика Таджикистан

Месторождение Снежное находится в восточной части тектонической зоны Центрального Памира киммерийского возраста, осложнённой Музкол-Рангкульским антиклинорием, сложенным музкольской метаморфической серией PR₁. Одна из её свит (сарыджилгинская) включает толщу кальцитовых мраморов мощностью 150 м, в которой локализовано месторождение рубина Снежное. Рубин и его минеральная ассоциация залегают на одной из поверхностей напластования мраморов, их источником послужило бокситоподобное вещество (Литвиненко, 2008).

Месторождение Снежное, как и музкольская серия, претерпело два цикла регионального метаморфизма. Первый цикл характеризуется P–T условиями высокотемпературной амфиболитовой фации, второй – зональный, проявился в условиях от эпидот-амфиболитовой до зеленосланцевой фаций (Дюфур, Котов, 1972; Буданов, Буданова, 1983; Пашков, Дмитриев; Геол. карта ... 1989). Первый цикл регионального метаморфизма произошёл в докембрии, второй – в мезозое или в мезо-кайнозое. Авторы второй цикл метаморфизма, по геологическим материалам, определяют палеогеном.

В результате полициклического метаморфизма возник рубин, геммологические свойства которого определяют качественные кондиции кристаллосырья. Кондиции кристаллосырья имеют большое разнообразие признаков, главными являются: а) однородность-неоднородность его внутреннего строения, включая цвет, б) особенности внешнего строения (форма и размер кристаллов, скульптура граней, сростки и др.).

Особенности внутреннего строения рубина. Первичные неоднородности представлены: полисинтетическими двойниками; трещинами отдельности; включениями: твёрдыми и газовой-жидкими; густотой и распределением окраски или её отсутствием.

Полисинтетические двойники наблюдаются только под микроскопом в виде разноцветных широких полос. Плоскости двойникования ориентированы параллельно базопинакоиду. На качество сырья они не влияют, т. к. не нарушают однородность кристаллосырья, не снижают его прочности и не ухудшают цвет. Сильно снижают качество кристаллосырья трещины отдельности. Наблюдались минералы с одной и двумя системами трещин отдельности. Густота трещин проявляется по-разному: чем реже проявлены плоскости отдельности, тем больше возможность выбрать однородный межтрещинный материал, пригодный для фасетной огранки. Степень раскрытия трещин отдельности различная. Наблюдаются линии едва различимые, тончайшие и широкие, в виде полос с хорошо заметными и непрямолинейными краями, сокращающими объём ювелирного материала. Тесные межтрещинные связи минерала могут позволить увеличить качественные показатели, а слабые – ухудшить.

Твёрдые включения встречаются в рубине с различной частотой. Их количество зависит от состава минеральной ассоциации: чем она больше, тем крупнее и многочисленнее включения в рубине. Включения различаются по размеру: крупные 1-2 мм, средние – 0,2-0,5 мм и мелкие – несколько сотых долей мм. Крупные включения представлены сфероном, графитом, мусковитом, маргаритом и кальцитом, средние – апатитом, рутилом, мелкие – цирконом, монацитом, диаспором. Значительно снижают качество кристаллосырья крупные и средние включения, особенно непрозрачные. Помимо уменьшения прозрачности рубина они снижают его прочность, так как в их контактах с минералом-хозяином возникают пустоты и трещинки, иногда заполненные кальцитом и другими минералами.

Плотность самоцвета установлена в пределах 3,995-4,012 г/см³ (Литвиненко, Насреддинов, 2015). На кондиции кристаллосырья этот признак не влияет.

Микротвердость изменяется (методом Виккерса) от 1898 до 2439 кгс/мм², средняя по десяти измерениям составила 2120 кгс/мм² или 21 ГПа. Нами (Литвиненко, Насреддинов, 2015) установлено, что чем сильнее и ярче окраска рубина, тем микротвёрдость выше.

Газово-жидкие включения имеют очень мелкие размеры. По размеру их можно разделить на крупные от 0,1 до 0,5 мм и мелкие: меньше 0,03 мм. Крупные включения отмечаются в виде одиночных и групп, а мелкие всегда группами. Иногда скопления мелких включений напоминает отпечатки пальцев. Это характерный рисунок многих рубинов.

Газово-жидкие включения не приводят к заметному снижению качества кристаллосырья, т.к. являются прозрачными объектами, не видимыми при 10-кратном увеличении.

Окраска, её густота и распределение по кристаллу характеризуются большими колебаниями: от бесцветного, светло-розового, розового, красного, тёмно-красного до сиреневого, редко синего. Показатели преломления также меняются: слабоокрашенные рубины имеют $n_o = 1,761$, $n_e = 1,769$, а средне- и густоокрашенные – $n_o = 1,763$, $n_e = 1,771$. Это явление связывается с повышением содержания элементов-хромофоров. Их содержание сильно варьирует: от 0 до 1,5 мас. % (Литвиненко, 2012). В отражённом свете наблюдается неравномерная пятнистая окраска: светлые (иногда бесцветные) участки очень малой площади (микрометры) с извилистыми очертаниями внутри ярко окрашенных, также с извилистыми очертаниями. Бесцветные участки рубина являются свободными от химических примесей – идеально чистый корунд. Подобное микроплощадное распределение бесцветных участков свидетельствует, вероятно, о неравномерном вхождении в кристаллическую решётку элементов-хромофоров.

Вторичные неоднородности представлены трещинами скола и отрыва. Они часто секут трещины отдельности, могут пересекать весь кристалл или часть кристалла, что существенно влияет на его прочность. Трещины скола проявлены одиночными тонкими неориентированными линиями с ровными краями, которые тесно прижаты, не нарушают сплошности кристалла. Трещины отрыва выглядят как волнистые извилистые линии с неровными краями.

Особенности внешнего строения. Полностью сформированные кристаллы на месторождении встречаются редко. Выделяются правильные кристаллы и искажённые, напоминающие скелетные. Встречаются также комбинированные кристаллы: две-четыре грани хорошо сформированы, а остальные – извилистые – «скелетные». На месторождении встречаются гексагонально-призматические, удлинённые кристаллы, усложнённые гексагональными пирамидами. Наблюдаются уплощённые по длине оси ещё реже – уплощённые ромбоэдрические и ещё реже – сфероидальные, желваковидные. Скелетные формы снижают выход качественного кристаллосырья из-за уменьшения его размеров. Вершины и рёбра кристаллов, как правило, растворены. Грани осложнены разнообразными структурными формами: слоями растворения, кавернами и мелкими неглубокими отверстиями, а также сферолитами мусковита. В результате гипергенных процессов многие кристаллы рубина и его парагенетические спутники (слюды, плагиоклаз и скаполит) оказались заключены в рубашку плотной корочки оолитов кальцита, полностью скрывших первичные минералы. Окисленные скопления пирита создали участки жёлтых охр, которые также скрывают рубиновую минерализацию.

Выводы

Рубины месторождения Снежное обладают широким разнообразием первичных неоднородностей: различным цветом и его неоднородным распределением, сложными кристаллическими формами, двойниками, трещинами отдельности. Первичные неоднородности возникли в результате метаморфических процессов. Вторичные неоднородности, возникшие в результате горообразовательных тектонических движений, нанесли самый серьёзный урон качеству рубинового сырья. Контроль и учёт первичных и вторичных неоднородностей при разбраковке кристаллосырья в ходе добычных работ может получить практическое применение.

ПРИЧИНЫ РАЗНООБРАЗИЯ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЛАГОРОДНЫХ ОПАЛОВ

Тишкина В.Б., Пахомова В.А., Федосеев Д.Г.,
Карабцов А.А., Зарубина Н.В.

pakhomova@fegi.ru, ФАНО ФГБУН Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Россия

Геологическое строение, особенности минералогии месторождения Радужное и механизм образования опалов обсуждались авторами ранее [1-4]. Данное исследование сконцентрировано на решении следующих задач: 1) установить содержания редких и редкоземельных элементов в благородных и обыкновенных опалах месторождения Радужное; 2) проследить характер связи геохимических особенностей опалов с составом неизмененных и пропилитизированных андезитов; 3) выявить черты сходства и различия геохимических характеристик опалов месторождения Радужное и опалов зарубежных месторождений.

Методы исследования. Использовался комплекс традиционных методов (минералого-петрографический, эмиссионный спектральный анализ, микрорентгеноспектральный, рентгенографический, ИКС и др.). Качественный рентгенофазовый анализ минералов проведен на рентгеновском дифрактометре MiniFlexII производства Rigaku (Япония) для оценки количества фаз в смеси. На базе существующего в ДВГИ спектрометра с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES и ICP-MS) разработана методика определения макро- и микроэлементного состава благородных опалов методами плазменной спектроскопии, анализ результатов которой необходим для формирования представлений о геохимических характеристиках среды минералообразования. Раман-спектроскопия применялась с целью выявить структурные особенности минералов, нахождение в опалах микрокристаллических фаз кристобалита, тридимита, кварца. Минеральные включения в опалах исследованы на микрозондовом анализаторе JXA8100 компании Jeol. Исследованы представительные образцы благородных и обыкновенных опалов месторождения Радужное (22 пробы) для установления содержания редких и редкоземельных элементов в опалах. Кроме того, проведено сопоставление данных, полученных автором и известных из опубликованной литературы сведений по эфиопским, мексиканским, бразильским и австралийским опалам.

Наиболее значимые результаты проведенных исследований сводятся к следующему.

Установлено, что большинство опалов месторождения Радужное содержат в качестве преобладающей кристаллической фазы кристобалит (как при наличии тридимита, так и при полном его отсутствии). Полностью «тридимитовых» опалов среди исследованных образцов не обнаружено.

Согласно литературным данным, опалы из различных типов месторождений можно идентифицировать по содержанию Ва. Постулируется, что большинство опалов из вулкаников содержат менее 110 г/т, в отличие от опалов из осадочных пород (>110 г/т). При этом некоторые опалы мексиканских месторождений не подчиняются этой закономерности, так же, как и опалы месторождения Радужное, в которых содержания Ва изменяются в широких пределах: от 15,4 до 506,3 г/т. Большинство исследованных образцов, содержащих Ва более 100 г/т, относятся к обыкновенным опалам. Важно отметить, что аномально высокое содержание Ва характерно для опалов с низкой степенью упорядоченности структуры. Содержание Са в опалах месторождения Радужное существенно выше, чем в опалах мексиканских и бразильских месторождений, но ниже, чем в большинстве опалов месторождений Эфиопии.

По литературным данным, голубая люминесценция в опалах связана с дефектами кислорода, зеленая обусловлена присутствием урана (в количестве до 0,02 г/т). Считается, что содержания железа более 1000 г/т гасят любую люминесценцию. Результаты наших исследований не всегда согласуются с этими утверждениями. В нескольких образцах опалов месторождения Радужное наблюдается только голубое свечение различной интенсивности

при низких содержаниях железа (от 50 до 300 г/т), тогда как в двух образцах (розовый непрозрачный и красно-оранжевый прозрачный обыкновенный опал) в порошке наблюдается пятнистая голубая люминесценция, при содержании железа около 1500 г/т. Максимальное содержание урана в исследованных образцах 8,92 г/т (Fe – 3861 г/т), среднее содержание урана от 0,03 до 0,97 г/т при различных содержаниях железа. Однако, зеленой люминесценции у исследованных образцов не обнаружено.

Известно, что содержания Mg и Cu в голубых и зеленых опалах и Mg и Al в розовых опалах выше, чем в опалах других цветов. Для исследованных образцов обсуждаемого месторождения розового цвета максимальные содержания Mg – 1717.00 ppm (при средних значениях 850.73 ppm) и Al – 17370 ppm (при средних значениях 8989.64 ppm), что согласуется с отмеченной закономерностью. Однако, в изученных розовых образцах месторождения Радужное обнаружены повышенные содержания Mn – 320.10 ppm (при средних значениях Mn – 51.37 ppm).

Общепринятое мнение о повышенных содержаниях Mg и Cu в опалах зеленой и голубой окраски представляется нам не столь однозначным. По нашим данным, в голубовато-зеленых полупрозрачных опалах содержание Cu – 3.15 ppm, Mg – 1990.00 ppm, тогда как содержания Cu в желтовато-зеленых образцах 1.76 – 3.96 ppm, Mg 1190.00-1703.00 ppm. Для желтых опалов содержания Cu – 7.76-1.80 ppm, Mg – 261.90-1114.00 ppm. Максимальное содержание Cu – 10.63 ppm (при средних значениях 2.91 ppm) отмечается в образце обыкновенного опала розового цвета (при максимальном, среди исследованных образцов, содержании Mg).

Окраска оранжевых опалов обычно объясняется присутствием железосодержащих минералов. Содержание железа коррелирует с насыщенностью цвета (от желтого до темно-коричневого). Однако, для изученных опалов месторождения Радужное мы такой тенденции не обнаружили. Среднее содержание Fe – 746.61 ppm, для белых и бесцветных образцов оно заметно ниже (Fe – 50.30-179.50 ppm), максимальное содержание Fe – 2058.00 ppm определено для образца голубовато-зеленого цвета.

Рядом исследователей выделяются минеральные фазы в опале, отвечающие за окраску, а также типичные исключительно для определенных месторождений. Например, в опалах из Мексики и Перу обнаружены включения палыгорскита. В голубом опале из Перу обнаружены включения хризоколлы и других медьсодержащих минеральных фаз. Диагностический признак благородных опалов месторождения Радужное -минеральные включения кубической и восьмигранной формы, которые представляют собой высококремнистый магнетит, содержащий значительное количество Ni и Co.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов: РФФИ №15-05-00809, РФФИ № 16-05-00283, ДВО РАН №15-1-2-003о.

Литература

1. Виталия Тишкина. Генезис благородного опала (месторождение Радужное, Приморский край России). LAPLAMBERT Academic Publishing. ISBN: 978-3-8443-5573-4. Saarbrücken, 2011. 194 с.
2. Тишкина В.Б., Пахомова В.А., Буравлева С.Ю., Степанов О.В. Благородный опал месторождения Радужное: минералогия и механизм образования // Записки Российского минералогического общества, 2015. Часть 144. Выпуск 1. С. 100-114.
3. Tishkina V.B., Pakhomova V.A., Fedoseev D.G. Diagnostic characteristics of precious opals from the Raduzhnoe deposit (Primorsky Region, Russia) // The journal of The Gemmological Association of Hong Kong, 2015. Volume XXXVI. P. 80-82.
4. Vitaliia B. Tishkina, Vera A. Pakhomova, Dmitry G. Fedoseev and Dmitry S. Ostapenko. Precious opals from the Raduzhnoe deposit (Russia): mineralogy, geochemistry // An International Journal of Mineralogy, Crystallography, Geochemistry, Ore Deposits, Petrology, Rome (Italy), 2015. Volume 84. № 4, p. 171-172.

НАКРАЮ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ: ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ СРЕДИНОВЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ

Чукова Ю.П.

y.chukova@mtu-net.ru, Московское общество испытателей природы (МОИП),
Краснопресненский экологический фонд, Москва, Россия

В течение многих столетий из общего широкого круга знаний (бытовое, религиозное, оккультное, эзотерическое и прочее) выкристаллизовывалось научное знание, представляющее собой венец всех прочих знаний, высший уровень познания человека и окружающей его среды. Любое знание стремится провозгласить себя научным, и процесс перехода в это качественное состояние имеет место, но представляет собой очень трудный и длительный процесс, продвигающий весьма постепенно то или иное знание к границе научного знания. К настоящему времени эту границу успешно преодолели лазерные методы лечения многих болезней. В настоящее время на границе научного знания находятся многие методы воздействия на человека с целью улучшения характеристик его здоровья. Таковы, например, биологически активные добавки. Они в настоящее время ещё не приобрели статус научного знания, но уже пробили себе дорогу на прилавки аптек. Нечто похожее, но гораздо более слабо выраженное можно сказать и про то знание, которое издавна связывалось с влиянием драгоценных камней на здоровье и судьбу человека.

На предыдущих конгрессах я уже неоднократно рассказывала о том, что современный уровень молекулярно-кинетического рассмотрения электронных процессов позволяет продемонстрировать исходную возможность для такого влияния различных драгоценных камней с разными полосами поглощения видимого света и разными полосами люминесценции [1].

Успехи термодинамического рассмотрения взаимодействия живых систем с электромагнитным излучением выявили пять возможных типов взаимодействия, из которых к настоящему времени всесторонне изучен только один (сильные воздействия), который и создал ту медицину, которую в настоящее время принято называть доказательной медициной, ибо воздействие на систему столь велико, что итог фиксируется быстро и наглядно.

Иное дело слабые воздействия [1, 2]. Для того, чтобы увидеть их результат необходим эффект накопления воздействия. Время накопления тем больше, чем меньше сила воздействия. Слабые воздействия с заметным поглощением энергии (эндоэргические процессы) в настоящее время изучаются интенсивно, хотя некоторые вопросы изучены не до конца. И здесь первостепенную значимость имеет факт открытия так называемого саратовского эффекта, который даёт существенный физиологический эффект в условиях, когда поглощение так мало, что его не могут промерить физики самой высокой квалификации. Это позволяет надеяться, что если физики такой же квалификации займутся изучением драгоценных камней с позиции их влияния на человека, то результат не заставит себя долго ждать.

Литература

1. Чукова Ю.П.. Эффекты слабых воздействий. Термодинамический, экспериментальный (биологический и медицинский), социальный, законодательный, международный и философский аспекты проблемы М. : Мегapolis, 2002. ISBN5-89047-013-2.
2. Ю.П. Чукова. Закон Девяткова (Эффективность нетеплового преобразования энергии длинноволнового электромагнитного излучения). М. : Мегapolis, 2016. ISBN5-86804-008-2.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ В ГЕММОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Якушина О.А.

yak_oa@mail.ru, Университет «Дубна», Дубна, Россия

Расширяется область использования метода вычислительной рентгеновской томографии (РТ) в числе лабораторных физических методов исследования вещества. Предлагается использовать этот экспрессный неразрушающий метод исследования для решения задач практической геммологии.

Рентгеновская томография (РТ) известна как метод интроскопии, дефектоскопии в промышленности для изучения внутреннего объема объекта без разрушения (сканирующее послойное просвечивание) [1-4]. Метод сочетает неdestructивность, простоту и оперативность анализа. Построение 3D моделей внутреннего строения без разрушения образца является безусловным преимуществом метода. Исследование проводится без пробоподготовки, при естественном состоянии объекта исследования. Присутствие минералов с близкими оптическими характеристиками, тонкодисперсных или слабо окристаллизованных, рентгеноаморфных фаз не является ограничением РТ-анализа. Однако горные породы, руды и минералы оказались сложным объектом для исследования этим методом. Причины этого как в физической природе явления (используется не монохроматическое излучение), конструкции приборов, так и в генетической природе минерального вещества.

Наиболее значимые успехи получило применение метода в медицине, и, логично, возникло желание использовать метод для исследования неорганических объектов, в том числе горных пород, руд и минералов; такие исследования начались еще в конце 1980-х годов за рубежом и в нашей стране [2, 4]. Высокое пространственное разрешение обеспечивают микрофокусные рентгеновские трубки разных серий и на образцах размером, как правило, менее 10 мм; это подчеркивают приставкой «микро» в названии метода (μ СТ или High-resolution X-ray CT). Известно, что в КТ медицинского и биологического назначения используется шкала денситометрических показателей «Шкала единиц Хаунсфилда» (HU) – рентгеновской плотности биологических тканей (воздух, кровь, ткани, кости) по отношению к дистиллированной воде, принятой за 0 HU при ст. условиях. Однако минералы и горные породы, в том числе цветные и драгоценные камни, как правило, имеют существенно более высокую рентгеновскую плотность, справочно: для энергии 100 кэВ, $I=100$ мА для крови, мышечной ткани и костной ткани μ , составляет 0,178, 0,180 и 0,48 см^{-1} ($\mu_{\text{воздуха}}=0$), лишь μ некоторых минералов близко μ костной ткани: 0,44 кварц, 0,53 кальцит, как правило, значительно выше – 0,63 флюорита, у рудных минералов $\sim 1,5$ -сульфиды (пирит, сфалерит) и оксиды (магнетит), 6,1 барит; у металлов 2,91 железо, 14,9 серебро, 62,6 свинец, 98,6 золото.

Предложена оригинальная методика исследования внутренней структуры и диагностики геммологических объектов, в том числе органогенных минералов (жемчуга, коралла) с помощью рентгеновской томографии (РТ) – неразрушающего метода исследований как развития рентгенографии. Предложено использовать при анализе образец сравнения алюминий. Получаемая картина распределения внутренних неоднородностей в плоском тонком слое (3 мкм) не зависит от визуального опыта эксперта. В случае необходимости для исследования внутреннего строения объекта строится 3-D образ.

Величина линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения (ЛКО) определяется химическим составом и плотностью для данной энергии гамма-излучения. Предложено [2] проводить идентификацию элементов микро неоднородности путем сопоставления отношений амплитуд ЛКО (α_s), установленных на томограмме (эксперимент) для фазы и образца сравнения (как правило, Al, плотность которого наиболее близка к плотности силикатов и алюмосиликатов, основных минералов, слагающих земную кору) с теоретически рассчитанными для них отношениями эффективных величин ЛКО. Именно этот методический прием оригинален, позволяет сопоставлять измерения, проведенные при

разных режимах съемки, для идентифицируемых фаз разных размеров, при меняющемся вещественном (минеральном) составе вмещающей среды. Расчет проводят в предположении, что химический состав и плотность идентифицируемой фазы известны. Близость отношений измеренных амплитуд и рассчитанных величин ЛКО для идентифицируемой фазы и образца сравнения с большой степенью вероятности будет свидетельствовать о правильности предположения относительно минерального состава диагностируемых фаз изучаемого объекта. Известные данные о составе, размерах минеральных образований, другая априорная информация позволяют повысить надежность идентификации фаз и морфоструктурных особенностей. Диапазон значений томограммы в шкале условных единиц от -32767 до +32768 в десятичной системе счисления. Анализы выполнялись по оригинальной методике РТ-анализа [2] по методическим рекомендациям отраслевого (МППР России) Научного совета по методам минералогических исследований МР НСОММИ № 130.

Приведем примеры использования РТ в геммологии. Метод может быть использован как для исследования рентгеновской плотности объекта (которая зависит в т.ч. от состава вещества) и его внутренней морфоструктуры – наличия включений, следов «залеченных» дефектов» как для незакрепленных вставок и металла, так и, в ряде случаев, для изделий без раскрепки, поскольку массивная оправа из благородных металлов, значительно поглощающих рентгеновские лучи, может вносить определенные искажения (дополнительные тени, артефакты) и затруднять процедуру анализа внутренней неоднородности изделия.

Метод перспективен для изучения алмазов природных и синтетических, ограненных бриллиантов и их дифференцирование с имитациями (муассонит, фианит и др.), диагностики органогенных минералов (жемчуга, коралла). Рентгеновская плотность алмаза менее чем в два раза ниже чем плотность муассонита, у других разница плотностей еще больше.

Для жемчуга традиционно применяются эндоскопия, радиография и метод Лауэ; однако, эти методы не всегда эффективны, особенно для «безъядерного» культивированного или окрашенного жемчуга. Метод рентгенотомографии четко фиксирует различие внутреннего строения натуральных и культивированных жемчужин и отличие их от имитаций жемчуга, позволяет экспрессно и информативно проводить их диагностику: (1) устанавливать жемчужина это или имитация; (2) натуральная это или культивированная жемчужина; (3) способ культивации жемчужины (ядерный или безъядерный); во-вторых, (1) измерять размер ядра и толщину культивированного слоя; (2) выявлять наличие внутренних пустот, и давать рекомендации по направлению сверления отверстия и креплению жемчужины, чтобы не был нанесен ущерб внешнему виду (не был разрушен культивированного перламутровый слой); (3) получать рентгенотомограмму – образ внутреннего строения – как индивидуальный «паспорт», или привязку, прежде всего для особо ценных или уникальных жемчужин. Природный коралл имеет не столь четко выраженную зональную структуру и большую рентгеновскую плотность, чем жемчуг. В отличие от природного, прессованный или синтетический коралл и его имитации не обладают зональной структурой.

Метод РТ может использоваться для экспресс-анализа и паспортизации объектов при решении задач прикладной геммологии.

Литература

1. Якушина О.А. Осипов М.Л., Козорезов Е.В., Хозяинов М.С. Комплексная диагностика жемчуга с применением метода рентгеновской вычислительной микротомографии // Вестник геммологии. 2003. – № 1 (32). – С. 11-15.
2. Якушина О.А., Ожогина Е.Г., Хозяинов М.С. Рентгеновская вычислительная томография - неразрушающий метод структурного и фазового анализа // Мир измерений. 2003. – № 10(32). – С. 12-17.
3. International Conference on Tomography of Materials and Structures: Ghent, 01-05 July 2013. Электронный ресурс: <http://www.ictms.ugent.be/index.php?start>.
4. Veerle C., Boone M. High-resolution X-ray CT in geosciences: a review of the current technology and applications // Earth-Science Reviews. – Elsevier, 2013. V. 123. pp. 1-17.

ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ И ИХ ИМИТАЦИИ НА ОКЛАДАХ ДРЕВНЕГРУЗИНСКИХ ЕВАНГЕЛИЙ

Ахвледиани И.

Akhvledianiia@yahoo.com, Грузинский технический университет, Тбилиси, Грузия

В рамках проекта «Диагностика древнейших чеканных памятников (грузинские рукописи XII-XIII веков)» было изучено 18 чеканных окладов и идентифицировано 919 камней.

Изученные оклады украшены разнообразными драгоценными камнями, посаженными в глухие оправы, с учетом того, что в окладах нет прорезей, невозможно обозреть камни на просвет. Нахождение под окладами древнейших рукописей, тоже требует особо бережного отношения. Как индивидуальная посадка камней, так и их взаимное расположение, часто и состояние поверхности исключает использование рефрактометра (невозможно не только считывание показателя преломления, даже зеркальным методом, но и просто приближение поверхности камня к столику прибора). Поэтому основное внимание уделялось внешним признакам и особенно включениям.

Весьма полезными оказались ручные спектроскопы, тестер теплопроводности и UV лампы. Комбинирование этих приборов позволяло определять красные драгоценные камни – рубины, шпинели и гранаты, а также стекла. В одном случае пришлось прибегнуть к определению твердости, а в нескольких случаях к соляной кислоте.

Проведение химического анализа было сомнительным из-за глухой металлической оправы камней и их малого размера, однако в четырех случаях был использован XRF анализатор для более точной идентификации. Проект не предусматривал применение романовской спектроскопии.

Природные ювелирные камни на чеканных окладах Евангелий, датированных XII-XIX веками, по результатам исследования представлены: красными гранатами (альмандинами); рубинами, голубыми, розовыми, сиреневыми и фиолетовыми сапфирами в том числе звездчатыми и со сменой цвета; красными, розовыми и бесцветными шпинелями; изумрудами и зелеными бериллами; хризолитами; иолитами (ранее были описаны, как сапфиры); кораллами; сердоликом и голубым халцедоном «сапфирином»; бирюзой.

Характерные включения (рутиловый «шелк», кристаллы апатита и циркона), наличие камней со звездчатым эффектом и эффектом смены цвета позволяют предположить происхождение рубинов и сапфиров преимущественно с месторождений Шри-Ланки, с меньшей долей вероятности наличие рубинов Магока (?).

Колумбийское происхождение изумрудов и зеленых бериллов подтверждается типичными двух- и трехфазовыми включениями и находится в соответствии со временем изготовления окладов. Очень интересны вставки хризолита сохранностью граней природных кристаллов и предполагаемым происхождением с острова Забарджат.

Качество бирюзы, особенно яркий голубой цвет и возраст окладов украшенных бирюзой предполагает экспорт с Нишабурского месторождения Ирана. Исключение составляет бледно-зеленная бирюза, предположительно с Синайского исторического месторождения, на окладе Скароставского Евангелия, что в контексте образа имело бы особое символическое значение.

Среди цветных «камней», украшающих оклады, оказалось много имитации из цветного стекла или бесцветного стекла (чаще горного хрусталь), посаженного на цветную подложку. Почти во всех имитациях видны газовые пузыри (круглые, удлиненные, каплевидные). Некоторые проявляют характерное свечение под длинно волновым или коротковолновым ультрафиолетовым светом. В основном стекла прозрачные, исключение составляют имитации бирюзы.

Большинство имитации на цветной подложке это кабошоны или пластинки горного хрустала, посаженные на клей подкрашенный пигментом. Точно определить состав цемента не удалось, на основании визуального наблюдения можно лишь предположить,

что использованы: рыбий или вишневый клей; воск; смолы типа гумерабик; грунтовка из свинцовых белил + казеин.

Во многих случаях, от старости слой цемента поврежден – высушен, покрыт трещинами, обесцвечен. Бывает что, между цементным слоем и камнем возникает воздушная прослойка, которая позволяет рассмотреть цемент с поверхности. Иногда цемент полностью «съедает» пигмент и хотя возможно судить о первоначальном цвете цемента по сохранившимся фрагментам, восстановить полную картину невозможно. Камни на подложке имитируют рубины, изумруды и синие сапфиры.

На чеканных окладах Н1689 (1799 г.) и Q 895 (1826 г.) медальоны, изготовленные в технике живописной эмали украшенные стразами (огранка простая бриллиантовая).

Особого внимания заслуживают три стеклянные вставки на чеканном окладе XII века т.н. Скароставском Евангелии. Это два темно синих кабошона на верхнем крыле и одна желтовато-зеленная пластинка на нижнем крыле. Если вставки аутентичны (в чем не приходится сомневаться), то это означает их принадлежность к XII веку и соответственно «Византийской эпохе» в истории производства стекла.

«Византийские стекла» или Византийский мир в истории производства стекла это географическое, хронологическое и историческое понятие. Мир необычной цветной смальты (мозаики), перегородчатой эмали, бытовой стеклянной посуды и украшений со стеклянными вставками. К этому миру принадлежала и Грузия, связанная с Византией общностью религии и культуры.

Состав византийских стекол обычно привлекает внимание исследователей, так как считается источником информации об особенностях стекловарения эпохи. Для «византийских стекол» Скароставского Евангелия был определен приблизительный элементарный состав с помощью ручного XRF анализатора. Нашей целью было подтвердить соответствие вставок времени изготовления оклада.

Состав византийских стекол разнообразен: натриевые стекла с добавкой минеральной соды; стекла с повышенным содержанием магния и растительного пепла; стекла с высоким содержанием алюминия, в том числе цветные. Большинство византийских стекол среднего и позднего периода относятся к типу алюминиевых стекол, так же как синие стекла с оклада Скароставского Евангелия. Что касается цвета. Синий цвет стекла обычно связывают с примесью кобальта, но бывают случаи, когда синий цвет приписывают содержанию железа. Вставки синего стекла с Скароставского оклада не содержат кобальта и на данном этапе исследования, только наличие очень высокого содержания железа можно приписать синюю окраску этого стекла.

Среди «византийских стекол» часто отмечают темные желтовато-зеленные стекла. Большинство этих стекол содержит окислы железа (1,5-3%) и магния (0,2-3%). Железо определяет зеленый цвет этого стекла. Стекло такого цвета украшает нижнее крыло оклада Скароставского Евангелия. В его состав входит железо и в небольшом количестве магний.

Время безжалостно к стеклам. Поверхность кабошонов из синего стекла сильно корродированы, что весьма характерно для аналогичных синих вставок византийской эпохи. Зеленое стекло не корродировано и сохраняет гладкую поверхность.

Бирюза представлена на окладах наиболее многочисленными имитациями – полупрозрачными стеклами, непрозрачной керамикой и смальтой. Их легко распознать по ровной поверхности, стеклянному блеску, газовым пузырькам или ямкам от газовых пузырей на поверхности, иногда также расположением частиц пигмента вдоль искривленных линий. Есть имитация из спекшейся керамической массы с яркими синими пятнами на светло бирюзовом фоне (оклад Гелатского Евангелия).

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ АУДИОЗАПИСИ В ДИЗАЙН ТЕКСТУРЫ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СУВЕНИРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Войтюк А.А.

alena_vojtuk@mail.ru, ИРНИТУ, Иркутск, Россия

На современном рынке ювелирной и сувенирной продукции представлено огромное количество изделий, не несущих для покупателя никакой смысловой нагрузки. Продумывая подарок, всегда приятно дарить его с определенным смыслом, или приобрести изделие для себя с ценной для покупателя информацией. Поэтому, для привлечения покупателей необходимы инновационные разработки в сфере дизайна.

Решением проблемы является индивидуализация как ювелирной, так и сувенирной продукции.

Одним из видов индивидуализации ювелирных украшений является украшение-акrostих. Акrostих – это послание, в котором начальные буквы каждого камня образуют какое-либо слово или фразу. Идея составлять слова из драгоценных камней родилась в ювелирном доме *Mellerio dits Meller*. Некоторые из самых известных украшений-акrostих этой эпохи были созданы знаменитым ювелирным домом *Chaumet* по заказу Наполеона для своей первой и второй супруги – императрицы Жозефины и императрицы Марии-Луизы. Немногим позже сентиментальные викторианцы позаимствовали эту идею.

Одним из способов индивидуализации является объединение визуального и смыслового рядов. За смысловой ряд в данной работе отвечает музыка или любой другой аудиопоток (запись голоса, шума природы и т.п.).

На ювелирном рынке уже существуют украшения, использующие визуальное отображение музыкального произведения с помощью знаков нотной грамоты или графического представления звуковой волны, но их невозможно воспроизвести и их информативность также зачастую не имеет смысла.

На ранних этапах создания ювелирного изделия с текстурой визуализированного аудиофайла был применена технология MIDI. *MIDI* (англ. *Musical Instrument Digital Interface* – цифровой интерфейс музыкальных инструментов) – это протокол, в котором закодирована информация о том, какую ноту, какой длительности и с какой интенсивностью надо воспроизвести с точной привязкой во времени. MIDI-файлы для компьютера сравнимы с нотами для человека. Смотри в ноты – человек считывает информацию и воспроизводит ее, по такому же принципу построена работа компьютера с MIDI-файлом.

В графическом виде музыкальные композиции в MIDI-редакторах отображаются как набор блоков разной длины. Каждый блок является определенной нотой. Таким образом рабочую область любого MIDI-редактора можно представить в виде двухмерной системы координат с осями X и Y, в которой располагаются эти блоки.

Была разработана технология создания объемной текстуры визуализированной музыкальной композиции группы The White Stripes «SevenNation Army». В материале было воплощено кольцо. Технологией изготовления являлось создание 3D-модели, вырезание на фрезерном станке с ЧПУ, литье по выплавляемым моделям и горячее эмалирование.

Данная работа отвечала почти всем поставленным задачам, но текстуру кольца невозможно воспроизвести.

Поэтому целью новой работы является создание текстуры визуализированного аудиопотока, которая будет сохранять и в дальнейшем доступно доносить (воспроизводить) заложенный в ней смысл. При этом дизайн изделия, как и ранее, будет основываться на настроении, заданном музыкальным произведением или голосовым сообщением, с применением иных технологий декорирования изделий.

При выборе технологии для передачи смыслового ряда в текстуре и его информативности, необходимо учитывать:

1. Возможность передачи голосовых или музыкальных аудиопотоков в диапазоне от 85 до 255 Гц (примерно от баса до сопрано);

2. Возможность воспроизведения текстуры обратным преобразованием.

Таким образом самый распространенный метод визуализации звука – нотная грамота и её компьютерный аналог MIDI, не подходит из-за невозможности ее воспроизведения при помощи смартфона, и так как она не способна передать голос с его динамическими изменениями, не привязанными к строго установленным частотам нот. Следовательно, необходимо использовать формат подачи, который имеет плавный ход по диапазону частот, которых нет в нотной грамоте. Если взять аудиопоток записанный в файл цифровой записи и посмотреть диапазон его частот по функции спектральной плотности мощности сигнала от времени, то получим тот необходимый формат визуальной подачи, который соответствует выше указанным требованиям. Такой формат в цифровой записи называется – спектрограмма. То есть спектрограмма является двумерной диаграммой на горизонтальной оси, представленной временем, по вертикальной оси – частотой; третье измерение с указанием амплитуды на определенной частоте в конкретный момент времени представлено интенсивностью или цветом каждой точки изображения.

Одной из разработок визуализации аудиофайла и его обратного воспроизведения с помощью спектрограммы является использование приложения Phonopaper [1]. Его диапазон частот от 32,7032 до 7902,14 Гц, позволяет полноценно уместить, как и бас, так и сопрано. При помощи данного приложения пользователь может записать любое музыкальное произведение или голосовое послание, длительностью 10 секунд на смартфон. После чего полученная в результате спектрограмма, в виде цифровой картинки, может быть распечатана и воспроизведена с помощью этого же приложения заново.

Технологиями создания такой текстуры являются несколько вариантов:

1. Нанесение уже на готовое изделие гравировки при помощи лазерного гравировального станка

2. Для ювелирной продукции технологией создания, помимо гравировки, может быть: создание 3D-модели, вырезание восковой модели на фрезерном станке или печать на 3д-принтере и последующее литье.

С готового изделия при помощи смартфона и приложения Phonopaper данная текстура может быть воспроизведена. Таким образом любую продукцию можно индивидуализировать по желанию клиента. В зависимости от изделия, текстура может быть:

1. Голосовым посланием. Например, кольцо с записью фраз: «Я люблю тебя», «Ты выйдешь за меня?» и др., для любимого человека, которое он сможет послушать в любой момент;

2. Музыкай. Например, подарок на свадьбу с записью марша Мендельсона, или запись любимой музыкальной композиции, которая имеет важное значение для человека.

3. И другая звуковая информация.

Литература

1. PhonoPaper [Электронный ресурс] : сайт автора Александра Золотого. URL: http://www.warmplace.ru/soft/phonopaper/index_ru.php (дата обращения: 30.01.2017).

2. Голямина И.П. Звук // Физическая энциклопедия / Д.М. Алексеев, А.М. Балдин, А.М. Бонч-Бруевич, А.С. Боровик-Романов, Б.К. Вайнштейн, С.В. Вонсовский, А.В. Гапонов-Грехов, С.С. Герштейн, И.И. Гуревич, А.А. Гусев, М.А. Ельяшевич, М.Е. Жаботинский, Д.Н. Зубарев, Б.Б. Кадомцев, И.С. Шапиро, Д.В. Ширков ; под общ. ред. А.М. Прохорова. – М. : Советская энциклопедия, 1988-1999.

3. Петелин Р.Ю., Петелин Ю.В. Звукозапись на компьютере. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 816 с.

4. Ювелирные изделия «Тайное украшение» [Электронный ресурс]. – URL: <http://prointeresnoe.ru/yuvelirnye-izdeliya-tajnoe-ukrashenie.html> (дата обращения: 25.01.2017).

СТРУКТУРНЫЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ РАЗНОСТЕЙ КОРУНДА В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Терехов Е.Н.

tereh@ilran.ru, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Геологический институт РАН, Москва, Россия

Данная работа основана на исследованиях структурного положения и минералогическо-геохимических особенностях месторождений и проявлений корунда в различных по возрасту и региональному тектоническому положению комплексах метаморфических пород, которые на заключительном этапе эволюции испытали быструю эксгумацию в обстановке регионального растяжения. Это районы Балтийского щита, Высокой Азии, Полярного Урала, Мадагаскара и о. Наксос (Греция).

Исследователи часто ассоциируют условия образования корунда с высокими параметрами P и T , хотя давно обсуждается необычайно широкий диапазон P – T условий его стабильности. Известны случаи его образования при лесных пожарах, приуроченных к латеритным почвам или аутигенного корунда в бокситах, встречены они и в алмазах и эклогитах [5]. Основные идеи формирования корундовой минерализации в метаморфических комплексах были разработаны автором на примере Беломорского подвижного пояса Балтийского щита и Восточного Памира [3,2]. До недавнего времени исследованиям корундовой минерализации в этих структурах уделялось мало внимания. Но в последние годы, они привлекает к себе внимание с позиции изотопных исследований [1], тогда как их структурная позиция остается слабо изученной.

Лапландско-Беломорский подвижный пояс Балтийского щита в большинстве современных тектонических схем рассматривается в качестве коллизионной зоны, но главные структурно-вещественные преобразования в этой структуре происходили при его эксгумации в виде метаморфического ядра на рубеже 1.80-1.75 млрд лет [4]. В этот период под влиянием декомпрессионных флюидов было образовано гигантское количество пегматитов и ассоциирующих с ними высокоглиноземистых метасоматитов, в том числе корундосодержащих. Главными структурными преобразованиями этого периода явились пологих сбросы и лежащие складки. Сбросы маркируются зонами бластомилонитов, более или менее однородными, а в пределах лежащих складок отмечается большое разнообразие новообразованных пород. В их фронтальных частях формировались мафические метасоматиты – гранатовые амфиболиты с переменным содержанием глиноземистых минералов, а в тыловых частях гранит-мигматиты, а на заключительных этапах эволюции – пегматиты, которые в ряде случаев прорывают и корундовые метасоматиты.

В других регионах, лежащие складки под влиянием процессов диапиризма в ядерных частях, преобразуются в купола с вертикальным (Юго-Западный Памир и о. Наксос) или наклонным перемещением в сбросо-сдвиговых зонах (Восточный Памир, Каракорум, Нанга-Парбат). Лежащие складки являются примером того как меняются представления о генезисе структур: если ранее они рассматривались как поднадвиговые деформации, то в настоящее время их относят к структурам горизонтального растяжения. Важнейшим событием в тектонической эволюции региона Высокой Азии, явился подъем к поверхности в неоген-четвертичное время кристаллических пород фундамента докембрийского возраста. С ним связано появление разнообразных гранитов, формирование прогибов, поднятие территории и образование сбросов. Последние, обеспечили тектоническую эрозию более 15 км разреза, что и привело к массовому выделению флюидов, которые предопределили формирование корундосодержащих пород.

В отношении генезиса корундовой минерализации Кукуртского узла (Восточный Памир) характерны следующие закономерности: 1 – корундосодержащие породы образуются практически по всем видам субстрата: гнейсам, амфиболитам, мигматитам, пегматитам Шатпутского выступа и слабометаморфизованным пермо-триасовым породам обрамления.

В процессе их формирования происходит аномальное возрастание содержаний Al, Ti, PЗЭ, Zr, Ba, Sr, Cr, V, F, B; 2 – присутствие минералов содержащих Cl, В или F – скаполит, флогопит, биотит, мусковит, турмалин, эпидот, ставролит, в парагенезисе с корундом - свидетельствует о высокой активности этих элементов в процессах петрогенеза; 3 – одинаковые закономерности поведения редких элементов при формировании корундовой минерализации и поздних магматических образований указывают на единый глубинный источник; 4 – близкие петрогеохимические и минералогические особенности корундсодержащих метасоматитов из Музкольского метаморфического комплекса и пермо-триасовых пород свидетельствуют об общих закономерностях проявления процессов метасоматоза; 5 – разнообразие корундовых проявлений является результатом единого процесса, но по-разному выраженному из-за своего структурного положения и состава вмещающих пород; 6 – формирование корундовой минерализации контролировалось тектоническими нарушениями при выводе к поверхности в неоген-четвертичное время метаморфических пород в виде Шатпутского выступа, который относится к структурам типа метаморфических ядер. Поэтому, корундсодержащие метасоматиты являются одними из индикаторов блоков земной коры испытавших эксгумацию в обстановке регионального растяжения.

Если в каком-то месте встречается благородный корунд приуроченной к одному типу месторождений, то очень часто можно найти проявления этого камня среди других видов вмещающих пород или относящихся даже к другому геолого-промышленному типу месторождений. Так, в Бирме корунды впервые были обнаружены в мраморах (рубины), затем на тех же площадях в гнейсо-кварцитах (сапфиры), плагиоклазитах (цветные сапфиры) и в трубках взрыва щелочных базальтов (сапфиры). В Монтане (США) – в плагиоклазитах из гнейсо-кварцитов (цветной сапфир), дайках и туфах (синий сапфир). На Мадагаскаре – в плагиоклазитах (цветной сапфир) и трубках базальтов (синий сапфир), мраморах (рубин), анортозитах (рубин). Особо разнообразны проявления корунда в регионе Высокой Азии, где они встречаются в мраморах, гнейсах, мигматитах, пегматитах, амфиболитах, трубках взрыва и д. Этот факт можно объяснить тем, что формирование различных генетических типов корундовой минерализации происходило в разных продуктивных толщах под воздействием одной материнской системы с привнесением алюминия, щелочей и ряда других элементов. Новые находки корунда в пределах Лапландско-Беломорского пояса, где в зависимости от структурного положения образовывались корунды той или иной формы и размера подтверждают это правило.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы ОНЗ РАН № 10.

Литература

1. Высоцкий С.В., Игнатъев А.В., Левицкий В.И. и др., Геохимия стабильных изотопов кислорода и водорода корундоносных пород и минералов северной Карелии как индикатор необычных условий формирования // Геохимия, 2014 № 9. С. 843-853.
2. Терехов Е.Н., Круглов В.А., Левицкий В.И. Редкоземельные элементы в корундсодержащих метасоматитах и связанных с ними породах восточного Памира // Геохимия. 1999. № 3. С. 238-250.
3. Терехов Е.Н. Особенности распределения PЗЭ в корундсодержащих и других метасоматитах периода подъёма к поверхности метаморфических пород Беломорского пояса (Балтийский щит) // Геохимия. 2007. № 4. С. 411-428.
4. Терехов Е.Н. Лапландско-Беломорский подвижный пояс как пример корневой зоны палеопротерозойской рифтовой системы // Литосфера. 2007. № 6. С. 15-39.
5. Simonet C., Fritsch E., Lasnier B. A classification of gem corundum deposits aimed towards gem exploration // Ore Geol. Rev. 2008. V. 34. P. 127-133

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ АЛМАЗОВ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Шаймарданова А.Р.

adelyafreedom@inbox.ru, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Россия

Целью данной научной работы является установление связи между параметрами спектра комбинационного рассеяния алмаза и его происхождением. Подобные исследования уже проводились (Н.Б. Решетняк, 1990). Для достижения поставленной цели была отобрана коллекция:

- 1) 11 природных алмазов из трубок Айхал и Нюрбинская,
- 2) 25 синтетических алмазов, полученных методом НТНР.

Для всех образцов получены спектры ИК для определения физического типа алмаза, и спектры комбинационного рассеяния (КР). Для спектров КР рассчитаны полуширина на полувысоте (НВНН) и смещение (δ). Величина НВНН рассчитана относительно базовой линии, проведенной через две точки с минимальной интенсивностью сигнала КР. Величина δ рассчитывалась относительно положения линии комбинационного рассеяния эталонного образца, представлявшего собой синтетический алмаз типа IIa. По литературным данным (Н.Б. Решетняк и др., 1990; В.Б. Квасков, 1997) указанные характеристики являются индикатором совершенства кристаллической структуры алмаза и могут зависеть от происхождения алмаза.

Обработка полученных данных позволяет выявить диапазон изменения параметров НВНН и δ для разного физического типа (табл. 1).

Физический тип	Диапазон НВНН	Диапазон δ
Ia	4,17-4,76	-2,67-2,28
IIa	3,65-4,18	-1,74-0,00
Ib	3,55-4,35	-2,22-4,45
IIb	3,92-4,26	-1,09-1,46

Сравним эти же значения для природных алмазов разных трубок:

Трубка	Диапазон НВНН	Диапазон δ
Айхал	3,95-4,20	-2,67-2,28
Нюрбинская	3,87-4,76	-4,05-1,33

Сравним эти же значения октаэдрических и кубических граней синтетических алмазов:

Ориентировка грани	Диапазон НВНН	Диапазон δ
Куб	3,55-4,89	-1,86-2,09
Октаэдр	3,56-4,76	-4,05-4,45

Литература

1. Квасков В.Б. Природные алмазы России. – М. : Полярон, 1997. – 304 с.
2. Решетняк Н.Б., Езерский В.А. Комбинационное рассеяние света в природных алмазах // Минералогический журнал. – Т. 12. – 1990. – № 5. – С. 3-9.

РУБИН И САПФИР: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МИНЕРАЛОГИИ ДРАГОЦЕННОГО КОРУНДА, ТИПАХ ЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ГЕНЕЗИСЕ

Сорокина Е.С.

elensorokina@mail.ru, Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского
Российской академии наук (ГЕОХИ РАН), Москва, Россия

Природный оксид алюминия $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, хорошо известный как минерал *корунд*, является типичным, хотя и незначительным компонентом большинства метаморфических пород. Однако его редкие драгоценные разновидности – рубин и сапфир – присутствуют только в нескольких типах коренных пород, преимущественно десилицированных и обогащенных алюминием (Giulianietal., 2007, 2014): метаморфических (мрамора, гнейсы, скарны) и магматических (базальты, мафические и ультрамафические породы, сиениты и пегматиты) – и во вторичных аллювиальных и палеоаллювиальных россыпях, которые возникли в результате выветривания этих коренных пород (Hughes, 1997, 2017; Киевленко, 2001, 2003; Giulianietal., 2007, 2014). До конца XX-го века традиционными поставщиками рубина и сапфира на мировые рынки являлись страны Юго-Восточной Азии, в большинстве своем в виду относительной легкости при отработке их вторичных россыпных месторождений минерала. Рубины из горнорудного района Могок в Мьянме традиционно имели наиболее высокую стоимость, которая связана с наивысшим спросом на эти камни пурпурно-красного цвета со слегка лиловым оттенком (т.н. «цвет голубиной крови», см. Hughes, 1997, 2017; Смит, 2002). В месторождениях Таиланда и Индии были сконцентрированы, в основном, низкокачественные и более темноокрашенные рубины, но высококачественные голубые сапфиры. С точки зрения поставок ситуация резко изменилась с момента открытия и начала отработки коренных и вторичных месторождений драгоценного корунда в Африке (в частности на территории Мозамбика), Австралии, Центральной и Юго-Западной Азии, Гренландии. Однако крупные промышленно-значимые объекты до сих пор редки. Только порядка 15 месторождений во всем мире производят рубины и/или сапфиры, пригодные для огранки, а в некоторых случаях, только для кабошонирования (см. Hughes, 1997, 2017 и в нем ссылки на литературные источники). На территории Российской Федерации пока не обнаружены экономически рентабельные для отработки месторождения драгоценного корунда (за исключением палеоаллювиального россыпного объекта на Центральном Урале, поставленного на баланс, расположенного вблизи Липовского коренного проявления рубина в мраморах). Тогда как сейчас рубин и сапфир являются одними из наиболее важных цветных драгоценных камней на мировом рынке, в совокупности составляя более чем 50% от мирового производства самоцветов (Walter, 2004). Ежегодная мировая добыча рубина и сапфира в денежном выражении превышает несколько миллиардов долларов (Graham, 2008).

За вторую половину XX века ученые-геологи из различных стран мира сделали прорыв в исследовании физико-химических свойств драгоценных камней первой категории. В настоящее время получено колоссальное количество новых данных по типоморфизму рубинов и сапфиров из различных генетических групп месторождений по всему миру (Tang и др., 1988, Muhlmeister и др., 1998; Gudfinnsson и др., 2005 и т.д.). Диагностика природного рубина и сапфира и их отличие от синтетических аналогов является важной геммологической задачей, и ей посвящено большое количество работ (Nassau, 1980; Балицкий и др., 1984; Schmetzer, 1986 и т.д.). Обширная работа в сфере геохимии, а также диагностики характерных твердофазовых включений в драгоценном корунде была выполнена европейскими и американскими исследователями (Schmetzer, 1986; Gubelin и др., 1992; Hughes, 1997, 2017 и т.д.). Однако генетический аспект образования этих месторождений был раскрыт не полностью и только в ограниченном количестве работ (Okrush и др., 1976, Silva и др., 1988, Levinson и др., 1994, Guo и др., 1996a, Garnier и др., 2008, Yui и др., 2008).

Парадигма исследования генетической природы включает в себя выяснение перво-причины, стоящей за кристаллизацией минерала. Таким образом, генезис предоставляет собой комплексную информацию о минеральном объекте на различных стадиях его развития. Поскольку почти все геологические условия, такие как природа циркулирующих флюидов в минералообразующей среде, влияние земной коры и мантии, такие как геотермодинамика (температура и давление), которые сопровождают самоцвет на различных стадиях роста, оставляют свои геохимические и морфологические «отпечатки» на минерале, и могут быть «расшифрованы» используя различные аналитические методы, что сильно повышает наше понимание некоторых глубинных процессов Земли. Дополнительно решение проблемы генетической природы позволило бы значительно расширить перспективы на открытие новых промышленно-значимых месторождений драгоценного корунда, в том числе и на территории Российской Федерации. Для выполнения этой задачи важно более детально изучать минералогические критерии, региональное и локальное влияние среды минералообразования, сравнивать драгоценные камни из месторождений с аналогичными и различными геологическими обстановками. В перспективе, выполнение данных задач поможет в решении некоторых фундаментальных проблем, связанных с уточнением моделей природного корундообразования, а также как следствие, развития некоторых глубинных оболочек Земли. Основой для продвижения по этому направлению станут уникальные работы по изучению самоцветов *in-situ* в породе, не имеющих аналогов в мире и современные лабораторные методы исследования минерального вещества, которые позволяют при помощи локальных, неразрушающих анализов получать новые данные о генезисе и типоморфизме минералов.

В докладе будут приведены последние данные по минералогии и геохимии драгоценных разновидностей $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ – рубина и сапфира – и современным разработкам в области микро- и неразрушающих аналитических методов исследования геммологических материалов. Будет дана классификация месторождений рубина и сапфира в мире: метаморфических, магматических и метасоматических, а также генетических факторов, определяющих их формирование. Будут подробно рассмотрены некоторые метаморфические и метасоматические месторождения рубина, образованные при коллизионных взаимодействиях плит (на примере месторождений Джон Саул майн в Кении, Морогоро в Танзании, Люк Ен во Вьетнаме и Снежное в Таджикистане – Сорокина Е.С., 2011, Сорокина и др., 2012, Sorokina et al., 2014, 2016), а также проявления магматического голубого сапфира в областях континентальных окраин (Ильменское месторождение на Южном Урале – Sorokina et al., 2016, 2017). В основу доклада легли данные кандидаткой диссертации Сорокиной Е.С. и докторской диссертации Литвиненко А.К., а также результаты работы Сорокиной Е.С. по стипендии Немецкого общества академических обменов (DAAD) в Институте им. Й. Гутенберга в г. Майнц и Геммологического института г. Идар-Оберштайн в Германии в 2011 и 2013-2014 гг. и по стипендии R.T. Liddicoat в Геммологическом институте Америки (GIA) г. Карслсбад, США в 2015-2016 гг.

КИМБЕРЛИТЫ – ФЛЮИДИЗИТЫ МАНТИИ

Портнов А.М.

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

К числу общеизвестных загадок кимберлитов относятся: конусовидная форма рудных тел, несомненная связь с мантией, определяемая изотопными отношениями стронция, приуроченность к платформам, а не к океанским структурам и вулканическим поясам. Менее известны странные обломочные текстуры кимберлитов с обилием ксенолитов вмещающих пород, ксеноморфность (отсутствие граней) у глубинных кристаллов таких распространенных в кимберлитах минералов, как оливин, хромдиопсид, циркон, ильменит, гранат-пироп, апатит. По форме эти минералы напоминают хорошо окатанную речную гальку. В то же время кристаллы алмазов обычно представлены хорошо ограненными октаэдрами и другими формами.

Загадочны также очень слабые приконтактные изменения в окружающих породах, загадочно накопление радиогенного свинца Pb^{206} в кимберлитах, неясно, почему изотопия углерода и азота в центральных частях кристаллов и на их периферии резко различается, как возникает уникальная «микроминералогия» алмазов, представленная редкими сульфидами и самородными металлами, какова причина резкого обогащения кимберлитов относительно дунитов и пироксенитов мантии радиоактивными, редкоземельными и редкими литофильными элементами, такими, как азот, бор, барий, стронций. В то же время для кимберлитов сохраняется магнезиально-сидерофильная специализация – обилие магния в серпентине и флогопите, высокие содержания хрома, никеля, платиноидов.

Классическая точка зрения на кимберлиты, как «трубки взрыва», выносящие древние алмазы из глубин мантии, в свете этих неясностей, не дает вразумительного ответа. Однако ответы на все эти вопросы нетрудно получить из теории «мантийного диапиризма» развиваемого нами, начиная с 1979 года (1). В соответствии с этой гипотезой, кимберлиты являются мантийными флюидизитами. Мы считаем, что платформы играют роль стабильных глобальных газонакопителей, концентрирующих в основании платформ большие количества мантийных газов, включающих раздробленные и окатанные водородно-метановыми газовыми потоками магнезиально-оливиновые породы с высоким содержанием хрома, никеля, платины.

Концентрации газов способствуют «горячие точки», над которыми движутся платформы. Следы движений Сибирской платформы в меридиональном направлении на 400 км прослежены от трубки «Мир» на север локальными аэрогеофизическими аномалиями, представленными дайками базальтов и получившими геофизиков название «вожжи». Далее «вожжи» под прямым углом прослежены еще на 200 км на запад. Следы горячих точек в виде субширотных гряд вулканических гор в Атлантическом океане также имеют направление на восток, на поля верхнемеловых кимберлитов в Африке.

Водородно-метановая смесь объемом в 1 кубический км развивает в мантии подъемную силу в 3 миллиарда тонн. Энергия, приложенная на глубине к малой площади, формирует конусовидную структуру трубки, раздвигающей породы чехла платформ. Наши стереоскопические фото «шагрени» ксеноморфных глубинных минералов показали, что «шагрень» – типично коррозионная с поверхность, свойственная лопаткам ракет, работающих в условиях горячих газовых потоков (2). В сходных условиях газовые потоки формировали флюидизиты, где происходила «галтовка» зерен устойчивых минералов – пироба, оливина и др. Гидратация оливиновой пыли сопровождалась серпетинизацией. Флюидизиты накапливали газообразные соединения водорода, азота, углерода, бора, а также радон. Именно радон, видимо, ответственен за появление Pb^{206} в значительных количествах в кимберлитах.

Почему же так прекрасно сохраняются кристаллы алмазов? До сих пор преобладает мнение, что алмаз – минерал огромных давлений и температур. Но геологи не обратили внимание, что еще в 1969 году советский физик Б. Дерягин получил диплом АН СССР

об открытии «за синтез алмаза из метана». Ориентируясь на это открытие и работы американского физика Р.Х. Митчела об инертном поведении кислорода при сверхвысоких давлениях, мной была предложена модель образования алмаза в кимберлитовых трубках в процессе их формирования, при понижении давления и частичном самоокислении системы С–Н–О, где в некоторых случаях возникал алмаз (3).

Активность кислорода возрастает при снижении давления, о чем свидетельствуют повышения содержания тяжелых изотопов углерода (от -9 до -4%) и азота (от $-5,8$ до $+13,4\%$). Соответственно происходит частичное окисление метана $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$. Как известно, лишь 3-5% кимберлитовых трубок алмазоносны, кислорода обычно было или много, или мало. Сейчас промышленный выпуск ювелирного алмаза в кристаллах весом до 32 карат налажен в Вашингтоне группой Рассела Хемли. Хемли получает алмазы при низком давлении из водородно-метанового газа и утверждает, что размеры кристаллов ограничиваются лишь размером печи.

Огромные работы по синтезу алмазов ведет Китай. Здесь получают до 1200 тонн (6 миллиардов карат!) синтетических алмазов в год, преимущественно из графита в условиях высокого давления и температуры. Но Китай занят и газовым синтезом, изготавливая алмазные пластинки и подложки для электронных приборов. В Китае пишут, что они намерены довести стоимость алмазов до цены риса.

О высокой концентрации газов свидетельствуют также слабые экзоконтактные изменения во вмещающих породах кимберлитовых трубок. Это явление объясняется тем, что теплоемкость газов примерно в 3000 раз меньше теплоемкости силикатного расплава и флюид оказывает на вмещающие породы слабое воздействие.

Геолог А.Г. Бушев из Всероссийского института минерального сырья (ВИМС) установил, что вокруг кимберлитовых трубок в осадочных породах Якутии в сотни раз увеличивается содержание пылевидных минералов кимберлитов, светящихся в ультрафиолетовых лучах. Эти минералы – апатит и циркон. В апатите кимберлитов главным люминогеном является Eu^{2+} , что указывает на резко восстановительную среду флюида.

В этой восстановительной среде, обусловленной обилием водорода и метана, возникли и многие самородные металлы. Сотрудники ИГЕМа РАН установили в природных алмазах множество металлов, которые сохранились за «алмазной броней», Это самородные железо, никель, хром, серебро и неустойчивые сульфиды, которые не встречаются в кимберлитах (4). Наглядно бывает сравнение абсолютного возраста включений в алмазах с геологическим возрастом кимберлитов. Например, в трубке «Кимберли» из Южной Африки, внедрившейся в окружающие породы 85 миллионов лет назад, алмаз содержит включения пирропа с абсолютным возрастом 3,2 миллиарда лет (самарий-неодимовый метод). В якутской трубке «Удачная», прорвавшей осадочные породы с возрастом 425 миллионов лет, включения клинопироксена имеют 1149 миллионов лет. Таких определений много, но геологи делают из них некорректный вывод, что алмаз – древний. Думаю, что алмаз захватил включения древних минералов мантии из пыли флюидизитов и сохранил их за алмазной броней. В действительности возраст алмазов гораздо более молодой и он соответствует геологическому возрасту кимберлитовой трубки.

Литература

1. Портнов А.М. Флюидный диапиризм, как причина формирования кимберлитовых трубок и карбонатитовых массивов // ДАН СССР. – 1979. – Т. 246. – № 2. – С. 415-420.
2. Портнов А.М., Кимберлиты – мантийные флюидизиты // Природа. – 2012. – № 12. – С. 42-48.
3. Портнов А.М. Самоокисление мантийного флюида и генезис алмазов кимберлитов // ДАН СССР. – 1982. – Т. 267. – № 4. – С. 942-945.
4. Горшков А.И., Титков С.В., Плешаков А.М., Бершов Л.В. Включения самородных металлов и других минеральных фаз в карбонате из области Убанги (Центральная Африка) // Геология рудных месторождений. – 1996. – Т. 38. – № 2. – С. 35-44.

ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕММОЛОГИЯ И МАГИЯ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ

Корчевская Ю.Г.

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Подготовка студентов в нашем инженерном геологическом вузе по направлению «Художественная обработка драгоценных металлов и драгоценных камней» является большим конкурентным преимуществом МГРИ-РГГРУ. Есть и свои необычные стороны подготовки таких кадров бакалавров и магистров в вузе.

Как известно, в НЯУ «МИФИ» физикам-теоретикам приходится сталкиваться со «странным миром» космоса и элементарных частиц, где со скоростью уменьшается масса, время и другие черты материи. Здесь возникают вопросы о «божественности материального мира» и атрибутах *жизни как сущности материи в любом её виде*. Видимо, есть смысл в недавнем открытии в «МИФИ» своей вузовской *Кафедры теологии*.

Для МГРИ-РГГРУ полезно бы создание своей *Кафедры магии* или чтение *окультного спецкурса*. Очевидно, ювелирные изделия из драгоценных камней – это не только красивые произведения прикладного ювелирного искусства и ювелирного бизнеса, но и в своей видимости «знаки» и «символы» *магии*, влияющие на нашу психику и наше здоровье. *Знак* – это то, что имеет некий изобразительный смысл, также и тайный (лишь для «посвященных»), в частности «крест». *Символ* трактуется как схематичное изображение в графике или письме качества чего-либо, величины или процесса. Так, сова является символом мудрости и даже внешней разведки.

Пользующиеся большим спросом особенно у женщин ювелирные украшения должны нести в себе «особенные тайны» мира и человека. Каждое такое украшение в виде перстней, серёг, кулонов, колец, брошей и др. должно быть *глубоко мистично и полно магии* как «знаки» божественного происхождения неживой и живой природы. Именно на этом пути производителя (мастера) ждет заслуженный большой коммерческий успех.

У великого китайского философа и мага Конфуция (ок. 551-479 до н.э.) есть такое гениальное открытие и изречение: «ЗНАКИ И СИМВОЛЫ УПРАВЛЯЮТ МИРОМ – А НЕ СЛОВО И НЕ ЗАКОН». Красочное художественно исполненное ювелирное украшение по своей сущности является «знаком» и «символом» для самовыражения его носителя и тонкой настройки межличностных коммуникаций, особенно магических любовных отношений.

В феврале 2017 г. в Ташкенте издана моя иллюстрированная книга на эту тему с названием: Корчевская Ю.Г. «Влияние самоцвета на судьбу человека» (154 с., библиография 58). Мир камня (самоцветы известны человеку не менее 7000 лет) гораздо древнее живого мира, он оказал и оказывает глубочайшее влияние на возникновение и развитие человеческой цивилизации. «Роль самоцветов велика, поскольку они аккумулировали богатую историю человечества» (Жан-Батист Тавернье – французский путешественник и дилер французских камней).

По жизни я являюсь профессиональным геологом из Ташкента, минералогом и геммологом. В этой научно-популярной книге ярко освещена связь амулетов и талисманов с судьбой известных людей в истории человечества, которые верили в их магическую силу и чары, а также отражена их роль, которую они играли как династические регалии императоров, королей и царей, и их роль как ценных посольских даров. Так, на *колдовское действие самоцветов* указывается в Талмуде, священной книге иудеев. Например, амулету, который носил Авраам, приписывалась особая магическая сила: больной исцелялся при одном взгляде на этот камень. Позднее, уже в христианских легендах это целительное свойство было перенесено на кубок св. Грааля.

Магия – это часть материальной природы. Во Вселенной атомы существуют в полной взаимосвязи друг с другом, и что никакой объект не может существовать отдельно от всего. Также имеются взаимозависимости между человеческим телом и окружающим его мировым пространством. Возможно, истинно, что на поведение каждого

отдельного атома влияет поведение всех других атомов во вселенной, независимо от того, как далеко они расположены друг от друга. Влияние происходит через физические поля (волны). Конечно, магия камня может быть «белой» (доброй) или «черной» (злой).

Как определить драгоценный (счастливый) камень для себя или покупателя? Здесь надо учитывать ряд факторов. Но здесь много тайн, которые еще предстоит открыть с участием физиков, биологов, психологов и геммологов. Наиболее благоприятными для человека являются камни, связанные с планетой, которая астрологически господствует в его судьбе. Так, камни *Солнца*: хризолит, алмаз, с ним связаны также гиацинт, авантюрин, рубин, гелиотроп, хризопраз; Камни *Луны*: опал, адуляр (лунный камень); с Луной также связаны: аквамарин, берилл, жемчуг, коралл; Камни *Меркурия*: золотистый топаз; с этой планетой связаны: изумруд, карнеол, агат. Для понимания магии полезно изучать астрологию и др.

Говоря о мистическом воздействии камня и человека, знатоки отмечают, что украденные камни проявляют отрицательные свойства, а купленные становятся талисманами через много лет. Также небезразличны камни к полу своего владельца, а именно: «женские» камни счастливее на руке мужчины, «мужские» – на руке женщины. «Камни-мужчины» ярче блестят и имеют темные тона и оттенки, «камни-женщины» блестят не так сильно и имеют холодные цвета и оттенки» (Т. Гладышева, 1997).

Уверяю Вас, моя книга о тайнах магии будет в университетской библиотеке МГРИ-РГГРУ к началу нового учебного года – 2017/2018.

О ПРОИСХОЖДЕНИИ РОЗОВОЙ И ЛИЛОВОЙ ОКРАСКИ ПРИРОДНЫХ АЛМАЗОВ

Титков С.В.

titkov@igem.ru, ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН; Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Природные алмазы с фантазийной розовой и лиловой окраской, как известно, наиболее высоко оцениваются в настоящее время. Вместе с тем природа их окраски долгое время оставалась не выясненной. Было установлено только, что такие окраски связаны с эпигенетической пластической деформацией алмазов, однако вопрос о том, почему в одних случаях в ходе пластической деформации образуется коричневая окраска, а в других – розовая и лиловая, оставался без ответа (Collins, 2001). В настоящей работе рассмотрены результаты исследования лиловых и розовых с незначительным лиловым оттенком алмазов из кимберлитов Мирнинского поля Сибирской платформы, а так же литературные данные по аналогичным алмазам из других месторождений.

Центры окраски в алмазах изучались с использованием методов ЭПР-спектроскопии и оптической спектроскопии. Спектры ЭПР регистрировались с использованием спектрометра «VarianE-115» (Varian, USA) при комнатной температуре в X-диапазоне, оптические спектры -двулучевого спектрофотометра Lambda-9 (Perkin-Elmer) при комнатной и азотной температурах.

Как показали исследования, проведенные с использованием методов ЭПР-спектроскопии (Минеева и др., 2009), рентгеновской топографии и рентген-дифракционного анализа (Titkovetal., 2012), пластические деформации изученных лиловых и лилово-розовых алмазов из кимберлитов Мирнинского поля происходили по механизму механического двойникования, а не по механизму скольжения дислокаций, как считалось ранее. При этом пластические деформации по механизму скольжения дислокаций характерны для гораздо более распространённых алмазов с коричневой окраской. Следует отметить, что в розовых алмазах из лампроитов Австралии при изучении картин, полученных с использованием обратно рассеянных электронов, механические микродвойники не были установлены, хотя есть основания считать, микродвойники в таких алмазах были разрушены в результате последующих эпигенетических воздействий на кристаллы в процессе редвойникования или пластических деформаций по механизму скольжения дислокаций (Howell et al., 2015).

При пластической деформации по механизму механического двойникования в кристаллах алмаза образуются тонкие ламели, находящиеся в двойниковом положении относительно основного объёма кристалла, параллельные одной или двум плоскостям $\{111\}$ и пересекающие все сектора роста. Как показали исследования с использованием ЭПР-спектроскопии, в структуре таких алмазов образуются преимущественно парамагнитные азотные центры M2 в высоких концентрациях, которые локализованы, как свидетельствует анализ угловых зависимостей спектров строго в микродвойниках. В этих достаточно сложных по строению центрах два неэквивалентных атома азота разделены между собой, согласно предложенным моделям, восьмью атомами углерода ($N-C_2-C_4-C_2-N^+$) (Минеева и др., 2009). При этом атомы азота располагаются в противоположных вершинах объемного многогранника в структуре алмаза, близкого по конфигурации к октаэдру. Образование центров M2 очевидно связано с разрушением движущимися двойнивающими дислокациями в ходе пластической деформации широко распространённых центров A, образованных двумя атомами азота в соседних структурных позициях. На основании полученных результатов, можно предполагать, что оптическим аналогом центров M2 является хорошо известная (Collins, 2001; Kingetal., 2002) полоса 550 нм в спектрах поглощения. Об этом свидетельствует установленная их как концентрационная, так и пространственная взаимосвязь – и центры M2, и полоса лиловой окраски 550 нм локализованы строго в пределах микродвойниковых ламелей в кристалле (Titkovetal., 2008). Отчётливую приуроченность окраски к системе

параллельных микродвойников, пересекающих все сектора роста кристалла, можно визуально наблюдать у кристаллов с относительно совершенной поверхностью. Между этими микродвойниками алмазы почти бесцветны, иногда с незначительным жёлто-розовым или розово-коричневым оттенком. При просмотре в направлении перпендикулярном к микродвойникам, кристаллы выглядят равномерно окрашенными в розово-лиловый цвет. Когда в спектрах поглощения изученных кристаллов наблюдалась только полоса 550 нм, они имели чисто лиловую окраску (эта окраска представляет собой смешение синего и красного компонентов цвета). В спектрах поглощения розово-лиловых алмазов из кимберлитов Мирнинского поля присутствовали кроме того хорошо известный центр N3, характерный для жёлтых алмазов (Collins, 2001), а так же полоса с максимумом в области 350-370 нм, накладывающаяся на фоновую полосу центра N3 и непрерывное собственное поглощение алмаза. Выявленная в сибирских алмазах полоса 350-370 нм по своему спектральному положению отличается от полосы с отчётливо выраженным максимумом в области 390 нм, которая характерна для розовых алмазов из лампроитов Австралии и кимберлитов Южной Африки наряду с полосой 550 нм и центром N3 (Hofer, 1985; Kingetal., 2002). Интересно отметить, что в спектрах поглощения розовых алмазов из индийских месторождений Голконды, хранящихся, в частности, в Алмазном фонде России, так же присутствует полоса 390 нм совместно с полосой 550 нм и центром N3 (Суходольская, 1997). В целом, в зависимости от соотношения интенсивностей полосы 550 нм, с одной стороны, и полос 350-370 (или 390 нм) и N3, с другой стороны, окраска природных алмазов изменяется в непрерывном ряду от лиловой до розовой (чем более интенсивно центры 350-370 нм, 390 нм и N3 перекрывают фиолетово-синюю область спектра, тем более розовым воспринимается цвет кристалла). Следует отметить, что полоса 350-370 нм в меньшей степени влияет на поглощение в видимой сине-фиолетовой области по сравнению с полосой 390 нм, поэтому для алмазов Мирнинского поля, в спектрах поглощения которых наблюдается полоса 350-370 нм, более характерна лиловая окраска, а для алмазов Австралии, Индии и Южной Африки, в спектрах которых проявляется полоса 390 нм, – розовая.

Литература

1. Минеева 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. Суходольская О.В. Исторические алмазы Алмазного фонда России // Природные алмазы России / ред. В.Б. Квасков. М. : Полярон, 1997. С. 253-278.
3. Collins A.T. The colour of diamond and how it may be changed // Journal of Gemmology. 2001. V. 27. N 6. P. 335-339.
4. Hofer S.C. Pink diamonds from Australia // Gems and Gemology. 1985. V. 21. N 3. P. 147-155.
5. Howell D., Fisher D., Piazzolo S., Griffin W.L., Sibley S.J. Pink color in type I diamonds: Is the deformation twinning the cause? // American Mineralogist. 2015. V. 100. P. 1518-1527.
6. King J.M., Shigley J.E., Guhin S.S., Gelb T.H., Hall M. Characterization and grading of natural-color pink diamonds // Gems and Gemology. 2002. V. 38. N 2. P. 128-147.
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.
8. Titkov S.V., Krivovichev S.V., Organova N.I. Plastic deformation of natural diamonds by twinning: the evidence from X-ray diffraction studies // Mineralogical Magazine. 2012. V. 76. N 1. P. 143-149.

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ УРАЛЬСКИХ АЛМАЗНЫХ РОССЫПЕЙ

Булах М.О.

aregon95@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Урал справедливо можно назвать «драгоценной кладовой России». Помимо большого списка ювелирных и поделочных камней на территории Урала есть и месторождения алмазов.

Когда в 1819 г. среди россыпей золота Верхне-Исовских приисков на Урале была открыта платина, русские геологи обратили внимание на сходство составов тяжелой фракции уральских россыпей и россыпей Бразилии. Появилась надежда на обнаружение российских алмазов.

Первый алмаз в России был найден в июне 1829 г. в Пермской губернии, на Адольфовской золотоносной россыпи, расположенной на реке Полуденке, у села Крестовоздвиженские Промысла (в настоящее время – поселок Промысла Горнозаводского района Пермского края). Четырнадцатилетний крепостной Павел Попов при промывке песка на золото обнаружил прозрачный кристалл весом 105 мг, оказавшийся алмазом. Через два дня другим подростком, Иваном Соколовым, был найден второй алмаз, затем третий. Их определение было произведено минералогом и выпускником Фрейбергской горной школы Ф. Шмидтом, управляющим прииском. Первое краткое сообщение об этом появилось в «Санкт-Петербургских ведомостях» (Journal de St.-Petersbourg, 1829, № 135 от 9 ноября). Находка была хоть и случайной, но ожидаемой.

Всего в течение 1829 г. было обнаружено 4 кристалла. В это время путешествие по России совершал известный немецкий естествоиспытатель барон Александр Фридрих фон Гумбольдт. Он ранее уже высказывал мысль о вероятности нахождения алмазов на Урале. На приеме при Русском дворе накануне своей поездки А. Гумбольдт сказал государыне, что он постарается «не покинуть русской почвы до тех пор, пока в ней не будут найдены алмазы». По приезде на Урал Гумбольдту по указу владелицы прииска был подарен один из найденных кристаллов. Ему было вверено доставить в Петербург и вручить императрице Александре Федоровне первый алмаз, найденный в России. По возвращении из путешествия А.Гумбольдт дал хороший отзыв о промышленных перспективах Урала.

Впоследствии алмазы были обнаружены и в других россыпях по рекам Полуденка и Тискос. До 1917 г. на Южном и Среднем Урале общей сложности было найдено до 240 алмазов. Это были редкие по красоте и чистоте ювелирные камни весом от 1 до 2,5 карат. На Крестовоздвиженских промыслах в период с 1829 по 1858 год был найден 131 алмаз общим весом 60 карат.

В районах находок позже предпринимались попытки поисков месторождений алмазов, но обычно они оканчивались неудачно, так что до середины 1930-х гг. даже ведущие геологи страны отвергали возможность открытия отечественных алмазных месторождений.

Только в середине 1937 г. Советское правительство приняло специальное постановление о проведении широкого комплекса работ по поиску алмазов на западном склоне Урала. Причина тому – наложение странами-экспортерами эмбарго на ввоз в СССР всех абразивных материалов, в том числе и алмазов. Из-за невозможности страны импортировать алмазы в канун Второй мировой войны оборонная промышленность оказалась в тяжелом положении. Геолком СССР, выполняющий постановление правительства, поручил подготовить поисковые работы двум институтам: Всесоюзному геологическому институту – ВСЕГЕИ (Ленинград) и Всесоюзному институту минерального сырья – ВИМСу (Москва), также были привлечены специалисты треста «Золоторазведка».

В августе 1940 г. на Урале была создана Уральская алмазная экспедиция, в которую вошли все поисковые партии, ранее административно подчинявшиеся ВСЕГЕИ и ВИМСу, а ее главным геологом стал А.П. Буров. Первые продуктивные россыпи были открыты уже

к началу 1941 г.: Ершов лог, Крестовоздвиженская, Усть-Койвинская на р. Чусовой, Медведкинская. Началась добыча алмазов (попутно с золотом) на золотоносных Крестовоздвиженской и Кладбищенской россыпях.

Уже в 1942 г. с Койвы на оборонные заводы начали поступать алмазы. Именно на Койве в годы войны геологами-алмазниками были обнаружены главные россыпи и заложены основы современной алмазодобывающей промышленности. Однако эти россыпи имели небольшие запасы и невысокие содержания алмазов. Поэтому возникла необходимость в расширении геологоразведочных работ для выявления более богатых месторождений.

С 1950 г. почти одновременно партией № 33 Владимирской экспедиции и Тырымской экспедицией управления Уралалмаз было начато поисковое опробование притоков р. Вижай: речек Нижней Северной Рассохи, Рассольной, Белой, Тесовой, Танчихи, Пашийки с притоками. По Пашийке и ее притокам были получены алмазы и подсчитаны запасы. В 1953 г. обнаружены алмазы по р. Боровухе, левому притоку Вильвы.

Начиная с августа 1949 г., с момента обнаружения Г.Х. Файнштейном алмазов в среднем течении р. Виллой в Якутии, интерес к уральским алмазам упал, основной объем геологоразведочных работ был перенесен на Сибирскую платформу. Работы на Урале проводились в меньших объемах. К 1955 г. на Урале было известно 97 мест находок алмазов, из них 92 пункта располагались на Среднем Урале, в том числе 73 – на западном склоне. По месторождениям Среднего Урала на 1 января 1955 г. балансовые запасы россыпных алмазов составляли 224,9 тыс. карат, в том числе по категории В – 14,4 тыс. карат, по категории С1 – 154,3 тыс. карат и по категории С2 – 56,2 тыс. карат.

В последующие годы были разведаны новые россыпи в бассейне реки Вишеры с содержанием алмазов в 5-10 раз выше, чем на Среднем Урале. После открытия якутских кимберлитов (1954-1957 гг.) поиски и тематические работы на алмазы прекратились во всей Европейской части России, за исключением Красновишерского района.

Коренных источников уральских алмазов в ходе исследований обнаружить не удалось. Попытки решения данного вопроса предпринимались многими исследователями. Изучением уральских алмазов и выяснением их природы в разное время занимались такие известные ученые как А.Е. Ферсман, А.А. Кухаренко, И.И. Шафрановский, Ю.Л. Орлов и другие.

По данным на 2005 г. разработка алмазных россыпей велась прииском «Уралалмаз» в объеме около 70 тыс. карат в год. Суммарные запасы алмазов в уральских россыпях не превышают 1 млн карат, а отработываемые россыпи находятся на грани рентабельности. Однако уральские алмазы признаются самыми высококачественными в России и одними из самых высококачественных в мире. Большинство алмазов Пермского края бесцветны и имеют высокую степень прозрачности. Для них характерен высокий выход ювелирных сортов (до 90%). Добываемые в Пермском крае алмазы являются одними из наиболее дорогостоящих в мире. По данным на 2014 г. средняя стоимость одного карата уральских алмазов составляла от 300 до 500 \$, тогда как цена якутских алмазов находилась в пределах 30 – 90 \$/карат.

Литература

1. Граханов С.А., Шаталов В.И., Штырев В.А. и др. Россыпи алмазов России. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2007. 457 с.
2. Попов А.Г. Россыпи алмазов Урала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 16-86.
3. Харитонов Т.В. Уральские алмазы: предыстория // Уральский геологический журнал. 2014. №2 (98). С. 55-65.

ВНУТРЕННИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ЮВЕЛИРНОЙ ШПИНЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУХИЛАЛ

Литвиненко А.К., Романова Е.И., Аёмбекова М.Д.

eiromanova@hotmail.com, muki88.88@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Кухилал является крупнейшим в мире коренным промышленным месторождением благородной шпинели, клиногумита и форстерита. Оно находится на Юго-Западном Памире. Юго-Западный Памир представляет фрагмент Нуристан-Памирского срединного массива (Геология и ..., 1980; Литвиненко, 2004) в составе Афгано-Южнопамирской киммерийской горно-складчатой области (Дронов, 1993). Он сложен позднеархейскими породами, претерпевшими три цикла регионального метаморфизма (Расчленение ..., 1976; Буданова, Буданов, 1981): два в докембрии и третий – в кайнозое. Термобарические условия определены (Расчленение ..., 1976; Буданова, Буданов, 1981; Литвиненко, 2012) в значениях: температура от 900 до 300° и давление от 900-1100 МПа до 300 МПа.

Месторождение Кухилал представляет линзовидное тело магнетитовых мраморов длиной около 1.5 и мощностью ~ 0,8 км (Гуревич ..., 1987). С востока и северо-запада они обрамляются по разлому тёмными биотитовыми гнейсами с обилием тонковолокнистого силлиманита и мигматитами. Южный и северный контакт перекрыт мощными современными глинистыми и грубообломочными отложениями. Магнетиты являются важнейшим структурно-вещественным элементом верхней части горанской серии, мощность которой составляет более 4 км (Расчленение ..., 1976). Месторождение Кухи-Лал представляет самое крупное тело магнетитовых мраморов в регионе.

Магнетитовые мраморы вмещают многочисленные залежи магнезиальных скарнов с благородной шпинелью и клиногумитом. Наиболее крупная главная скарновая зона приурочена к висячему боку пласта магнетитов. Главная зона приурочена к висячему боку магнетитовых мраморов. Перекрывается она по пологому надвигу гнейсовой пачкой. Поверхность надвига по падению ориентирована на восток и юго-восток под углами от 8-12 до 20-30°. Элементы залегания пород автохтона и аллохтона практически одинаковы. Мощность Главной зоны доходит до 85 м. По простиранию она прослеживается более чем на 1000 м. Её простирание, так же как простирание вмещающих пород, изменяется с широтного на севере до субмеридианального юге. Контакт скарнов с подстилающими магнетитовыми мраморами неровный, извилистый. Магнетиты вблизи контакта обрамляются форстеритовыми скарнами, образующими протяженные лентовидные тела мощностью от 1-3 до 15 м. В них отмечается тальк, флогопит, серпентин, графит, пирит и пирротин.

Шпинель в рассеянном виде встречается во многих породах месторождения: мраморах, кальцифирах, энстатитовых скарнах, а ее железистые разности, в очень мелких выделениях, в ассоциации с гиперстеном только в апогнейсовых эндоскарновых зонах. Однако только в залежах форстеритовых скарнов шпинель приобретает значение порообразующего минерала и ее количество может достигать 40% объема породы. Только к форстеритовым скарнам приурочены благородные шпинель и клиногумит.

Ювелирная шпинель находится только внутри белой, мягкой породы, которая в XI веке получила название «магал» (Бируни, 1964). После длительного забвения, магалы и вместе с ними драгоценная шпинель были обнаружены советскими геологами (Памирская ГРЭ) в конце 60-х годов прошлого века подземными горными выработками.

Магалы целесообразно рассматривать как рудные тела ювелирной шпинели. Они представляют основной интерес при отработке месторождения на ювелирную шпинель, содержание которой может достигать 295 карат/м³ (Гуревич, 1987).

Шпинель в магалах характеризуется отсутствием граней и рёбер. Безграничные кристаллы всегда прозрачные, иногда с редкими малозаметными трещинами. Они имеют форму, напоминающую угловатые или окатанные обломки с матовой поверхностью. Мы

рассматриваем их как автохтонные. Размеры безгранных (ювелирных) кристаллов варьируют от долей мм до 10 см и возможно больше.

Нами были изучены 15 прозрачных обломков кристаллов и вставок. В большинстве случаев они характеризуются однородной светло-розовой и розовой окраской. На распродажах кристаллосырья нами многократно наблюдались тёмно-розовые с переходом в красный цвет обломки шпинели весом в десятки грамм. Под биноклем в нескольких образцах отмечалась цветовая зональность по октаэдру с неконтрастными, неровными границами.

Среди твёрдых включений в шпинели оптическим методом и микронзондовым анализом были установлены очень редкие включения апатита, циркона, бадделеита, гексагональные чешуйки графита, форстерита, пирита, пирротина, карбонатов (магнезит и доломит), а также неустановленный минерал с высоким содержанием Zr, Y, V и U. Малые количества твёрдых включений является генетической, типоморфной особенностью шпинели. Они отражают минеральный состав, окружающую шпинель, породную массу.

Чаще твёрдых включений в шпинели встречаются флюидные, среди которых установлены первичные и вторичные. Первичные могут иметь крупные размеры (до нескольких десятых долей миллиметра), неправильную форму, в которых насчитывалось до 7 обособленных фаз: газовая, жидкая и несколько кристаллических. Под микроскопом в составе этих включений отмечалось присутствие изотропных и анизотропных фаз. Методом комбинационного рассеяния в составе твердых фаз были зафиксированы пластинчатые гексагональные включения графита.

Вторичные включения образуются на плоскостях трещин в форме вуали. Они, также как и первичные, имеют сложный состав, но в большей степени раскристаллизованы, более мелкие и с более правильными очертаниями. В составе твердых фаз также установлены пластинки графита.

Методом водной вытяжки (Морозов, Гуревич, 1973) состав жидкой фазы был определен как хлоридный, с незначительным содержанием HCO_3 , из катионов преобладали Ca^{2+} , Na^+ , K^+ и Mg^{2+} .

А.Р. Файзиевым и С.А. Эльназаровым (2013) в составе флюидов были установлены растворо-расплавные фазы, а в газовой фазе преобладание углекислоты. Среди дочерних кристаллов во включениях, наряду с галитом и сильвином, диагностированы карбонаты по проявляемому в них сильному двупреломлению. При нагревании включений первые фазовые изменения начинались при температурах 450-475°C. При этом разрозненные газовые фазы сливались в один пузырек, а далее до температуры около 500-520°C объем пузырька увеличивался. При дальнейшем нагревании начиналось уменьшение газовой фазы и одновременно растворение твердых фаз. Полная гомогенизация включений в солевой расплав происходит в интервале температур 770-650°C. В некоторых включениях отдельные твердые фазы оставались нерастворенными. В шпинели фиксировались случаи, когда некоторые включения, не достигнув момента гомогенизации, взрывались.

По нашим данным многофазные включения, практически полностью закристаллизованы (содержание жидкой фазы менее 10%) и, как правило, разгерметизированы. Герметичные включения единичны, они имеют округлую, вытянутую форму. Они имеют размеры от 25x45 мкм до 70x80 мкм, частично раскристаллизованы и содержат анизотропные кристаллические фазы, газовый пузырек. Первые признаки плавления дочерних минералов расплавных включений фиксируются при температурах 400-450°C, наблюдается обособление газового пузырька. Он становится более заметным и начинает укрупняться. При дальнейшем повышении температуры фиксируется интенсивное плавление содержимого включений, происходит постепенное уменьшение объема газового пузырька. При температуре 530°C происходит полное растворение газовой фазы. При этом во включении сохраняются мельчайшие твёрдые фазы. При температуре 750-770°C – включения почти полностью гомогенны (сохраняются единичные мелкие фазы).

Изученные включения в ювелирной шпинели не очень сильно ухудшают ювелирные качества. Они могут иметь важное значение для определения генезиса самоцвета и в целом месторождения.

ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ИЗУМРУДОВ С МАРИИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (УРАЛЬСКИЕ ИЗУМРУДНЫЕ КОПИ)

¹Николаев А.Г., ²Попов М.П., ³Сокерина Н.В., ³Исаенко С.И.

¹Anatolij-nikolaev@yandex.ru, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия; ²Уральский государственный горный университет, Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия; ³Институт геологии Коми УрО РАН, Сыктывкар, Россия

Методы термобарогеохимии на данный момент являются ведущими для исследования газовой-жидких включений в минералах. По результатам исследований можно сделать выводы о составе флюида, который участвовал в формировании минерала, и выявить температуру его кристаллизации [1, 2]. Целью данной работы является исследование включений изумрудов с Мариинского месторождения (Уральские изумрудные копи). Изумруды относятся к небольшой группе драгоценных камней, пользовавшихся большой известностью и высоко ценившихся во все времена. Они содержат в большом количестве в себе газовой-жидкие включения, по которым и удалось выяснить, в каких условиях и какая температура была в на момент их формирования.

Для выявления изумрудов из общей массы бериллов использовался метод адсорбционной оптической спектроскопии. Общей особенностью оптических спектров поглощения изумрудов является наличие двух широких интенсивных полос поглощения в видимой области. Конфигурация спектров поглощения и значение энергии полос поглощения на длине волны 426 нм и 610 нм позволяет приписать наблюдаемые полосы электронным переходам в ионах Cr^{3+} , которые изоморфно замещают ионы Al^{3+} в октаэдрических позициях структуры берилла [3].

Газовой-жидкие включения изучались с помощью комплекса, состоящего из термостатика LinkamTHMS600 с рабочим температурным интервалом от -196°C до $+600^\circ\text{C}$. Для исследований состава газовой компоненты включений использовался высокоразрешающий спектрометр комбинационного рассеяния LabRAM HR800 в диапазоне волн $450-9000\text{ см}^{-1}$.

По результатам криометрии включений в изумрудах температура эвтектики составила в районе от $-12,5^\circ\text{C}$ до -14°C что соответствует о преобладание в составе флюида хлоритов калия с небольшим количеством хлоритов натрия. По результатам плавления льда, концентрация солей изменялась от 4,03 до 4,35 мас. % экв. NaCl [1, 4]. По результатам температуры гомогенизации включений в изумрудах составило в районе $244-302^\circ\text{C}$. Исследование газовой составляющей газовой-жидких включений показало, что она соответствует чистой CO_2 .

Результаты исследований термобарогеохимии включений в изумрудах можно использовать для интерпретации их формирования в Мариинском месторождении и выявить, каким образом происходило образование хромсодержащих бериллов в общей эволюции данного геологического объекта.

Литература

1. Рёддер Э. Флюидные включения в минералах : в 2 т. Т. 1. М. : Изд-во Мир, 1987. 560 с.
2. Плечов П.Ю. Методы изучения флюидных и расплавных включений. М. : Изд-во КДУ, 2014. 268 с.
3. Платонов А.Н., Таран М.Н., Балицкий В.С. Природа окраски самоцветов. М. : Изд-во «Недра», 1984. 196 с.
4. Мельников Ф.П., Прокофьев В.Ю., Шатагин Н.Н. Термобарогеохимия. М. : Изд-во Академический проект, 2008. 222 с.

ОБОГАЩЕНИЕ СЫРЬЯ ЮВЕЛИРНОГО БЕРИЛЛА МАЛЫШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

Ахметшин Э.А.

4966945@mail.ru, Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

При добыче и обогащении сырья бериллов и изумрудов Изумрудных копей Урала для ювелирной промышленности важнейшим моментом является не травматичное его извлечение из массы вмещающих их горных пород. Один из самых перспективных методов, удовлетворяющих требованиям извлечения камнесамоцветного сырья для ювелирной промышленности, является метод избирательного химического травления, позволяющий химическими методами удалять пустую массу вмещающих горных пород, либо комбинация указанного способа с применяемыми традиционными методами обогащения и извлечения.

В настоящее время на обогатительную фабрику, как правило, поступает штуфной материал горной массы, содержащий естественные кристаллы берилла в виде включений. Обогащение руды производится путем постадийного разрушения и дезинтеграции исходной массы добытой горной породы щековыми дробилками, в скруббере, с одновременным грохочением и промывкой водой получаемого продукта. Измельченная, обогащенная руда подвергается визуальному осмотру и отбору из нее кондиционных кристаллов на конвейерах большой протяженности. Основным недостатком существующих методов обогащения бериллсодержащих руд являются ударные и сдавливающие нагрузки, приводящие к частичному разрушению ювелирных блоков и потере качества берилла. Для решения возникающих проблем по извлечению кондиционного ювелирного материала была проведена серия экспериментов по оценке возможности извлечения берилла методом, включающим формирование новообразованных трещин и увеличивающим выход крупных блоков сырья.

На первом этапе экспериментальной работы был проведен анализ минеральных ассоциатов берилла, для чего было исследовано порядка 20 штуфных проб, содержащих ювелирный берилл и изумруд. Минералого-петрографические исследования показали, что содержание берилла, без разбора по категориям качества, составляло от 5 до 70% объема проб, в среднем – 25-30%. В ассоциации с ним присутствуют (указаны по мере убывания, средние значения в % от объема штуфа): флогопит – 45-50%; плагиоклаз (олигоклаз-андезиновое состава, обнаружен в 12 пробах из 20) в среднем 20%; кварц (в 4 образцах) 10%. Кроме того, в отдельных штуфах отмечались фенакит, флюорит, амфибол (актинолитового состава), молибденит. Содержание последних не превышало 10%. Полученные данные по минеральному составу ассоциатов ювелирных бериллов хорошо коррелируются с литературными данными [1], однако в исследованных образцах не были отмечены: хризоберилл, роговая обманка, хлорит, тальк и некоторые другие минералы, описанные в литературе [2].

Исходя из определенного ранее минерального состава и опыта травления силикатов, были выбраны следующие кислоты и реагенты, позволяющие стравливать минеральные ассоциаты берилла: HF – наиболее активная относительно всех силикатов минеральная кислота; HNO_3 , HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 – минеральные кислоты, широко используемые при травлении; CH_3COOH – слабая кислота, соли которой хорошо растворимы; H_2O_2 – выбор этого реагента обусловлен развитой системой водородных связей и способностью легко образовывать донорно-акцепторные связи, а значит, специфически действовать на слоистые силикаты – разрушать водородные связи между слоями (у флогопита) и гидратировать их, существенно снижая химическую и механическую устойчивость к внешним воздействиям. В экспериментах также использовались смеси кислот в различных соотношениях. Изменение массы исследуемых образцов фиксировалось через определенные временные отрезки, а максимальное время травления составило 48 часов, что позволило оценить

изменение скорости процесса со временем. В большинстве случаев использовались концентрированные кислоты ХЧ и ЧДА квалификации, а сами эксперименты проводились в стандартных термодинамических условиях.

На начальном этапе работ по травлению выявлялись закономерности и лучший травитель для выделенной минеральной фазы. На заключительных этапах, по результатам выбора лучшего травителя, были проведены эксперименты по обогащению и извлечению берилла из штуфных проб с различным минералогическим составом. Так, например, для флогопита были получены следующие результаты: все использованные кислоты в разной степени взаимодействовали с отобранными образцами, при этом скорость травления резко падала через 30 мин. – это связано с накоплением продуктов реакции на поверхности и её пассивированием. Исключением является только ортофосфорная кислота, растворяющая до 30% массы флогопитового слюдита за 24 часа. При использовании смесей кислот процесс травления протекал с линейной скоростью. Наилучшие результаты показали смеси азотной кислоты с серной и ортофосфорной. Перекись водорода, хотя и не оказывала прямого травящего воздействия на флогопит, существенно меняет его механические свойства – структура флогопита, становится существенно более рыхлой; в некоторых случаях экспериментальные образцы при извлечении из раствора полностью разрушались на отдельные чешуйки слюды либо меньшие блоки. Плагноклаз из штуфных проб заметно взаимодействовал только с фтороводородной кислотой и её смесями, с другими реагентами взаимодействует крайне незначительно. Прочие минеральные ассоциаты также были исследованы на взаимодействие с травителями, а результаты опытов опосредованно учитывались при выборе конечного травителя и обработки предложенного способа обогащения.

Берилл практически не взаимодействует с отобранными реагентами, однако при воздействии фтороводородной кислоты и её смесей в течение более 3 часов отмечаются незначительные следы травления, а через сутки образцы покрываются белёсым налетом. Таким образом, использование фтороводородной кислоты для обогащения сырья берилла требует осторожного и внимательного отношения, необходимого для того, чтобы избежать порчи ювелирного материала.

Полученные экспериментальные результаты позволяют предложить новый способ обогащения и извлечения ювелирного берилла – поэтапным, избирательным травлением минеральных ассоциатов, учитывающим минеральный состав штуфного материала.

В общем виде метод может выглядеть так:

- осмотр предварительно обогащенного рудного материала, содержащего берилл;
- визуальное определение минерального состава и определение технологической группы;
- предварительная обработка перекисью водорода и механическое удаление продуктов её воздействия – в первую очередь гидратированного флогопита;
- травление с помощью смеси азотной и серной кислот, позволяющее удалить остатки флогопита, а так же хлорит, незначительно плагноклаза и прочих ассоциатов;
- травление фтороводородной кислотой не более 3 часов для удаления с поверхности берилла прочих минералов;
- удаление продуктов травления с поверхности бериллов мойкой высокого давления.

При необходимости, те или иные этапы обогащения могут быть повторены для более полноценного извлечения и вскрытия блоков ювелирного берилла.

Литература

1. Геолого-минералогические особенности редкометальной минерализации в восточном экзоконтакте адуйского массива в пределах уральской изумрудноносной полосы: научная монография / М.П. Попов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2014. – 136 с.
2. Власов К.А., Кутукова Е.И. Изумрудные копи. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 251 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ ГРУППЫ КВАРЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

Казьмина К.В, Ахметшин Э.А.

4966945@mail.ru, Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Шлифование является важнейшим этапом обработки ювелирных камней. Именно на этапе шлифования задаются необходимые форма и размеры будущего ограненного камня. Для снижения потерь при механической обработке и увеличения выхода годного необходимо учитывать факторы, влияющие на процесс шлифования, а именно: состав смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ), размер зерен абразива и тип связующего материала планшайбы.

Смазывающе-охлаждающая жидкость является одним из важнейших участников процесса шлифования. Основная роль СОЖ по литературным данным [1] сводится к снижению трения при обработке, охлаждению и уменьшению износа инструмента, удалению шлама, кроме того СОЖ значительно снижает вероятность повреждения поверхностей обрабатываемых деталей и инструмента. Однако это не объясняет, почему в зависимости от состава и химической природы СОЖ, изменяются параметры шлифования, а именно: скорость шлифования, шероховатость поверхности, глубина и строение структурно-нарушенного слоя (СНС). Структурно-нарушенный слой – это трещиноватый слой, формируемый при шлифовании, состоящий из видимого шероховатого и невидимого трещиноватого слоев. Видимая часть СНС легко наблюдается, ее параметры можно оценить визуально или при помощи оптических методов. Невидимая трещиноватая часть СНС состоит из магистральных и оперяющих трещин. Магистральные трещины – трещины, уходят далеко вглубь материала, сонаправленные с направлением набегания абразива. Оперяющие трещины – трещины, начинающиеся от магистральной трещины и заканчивающиеся либо в соседней магистральной трещине, либо уходят в среду. Невидимая трещиноватая часть СНС практически не изучена, так как ее исследование затруднительно, хотя именно параметры невидимой части СНС будут оказывать важнейшее влияние на качество ограненных камней и на весь процесс их обработки.

В качестве модельного материала для изучения влияния состава СОЖ на характер шлифования был выбран кварц, так как он является одним из самых распространенных, доступных материалов, имеющий большое количество цветных разновидностей, которые широко используются в ювелирной промышленности, такие как аметист, цитрин и т.д.

В работе исследовано влияние состава СОЖ на скорость шлифования кварца и параметры СНС (шероховатость, глубину). Изучение влияния состава СОЖ на параметры шлифования позволяет оптимизировать процессы механической обработки ювелирных камней, а именно увеличить производительность, уменьшить время обработки и количество операций. Целью работы было оптимизировать процесс шлифования с учетом вклада следующих факторов в процесс шлифования: состав СОЖ, размерность абразива, тип связующего материала планшайбы.

Образцы монокристаллического кварца одного размера и одинаковой ориентации перпендикулярно z-оси, были отшлифованы с использованием различных СОЖ, планшайб с разным размером зерен абразива и типом связки, с постоянной нагрузкой, в одной зоне планшайбы, при постоянной скорости вращения инструмента, т.е. с постоянной угловой скоростью и постоянной скоростью набегания зерен абразива. Для проведения экспериментов использовались следующие СОЖ, которые имеют различную химическую природу и обладают разными физико-химическими свойствами: вода, этанол, глицерин, минеральное масло, раствор электролита ($ZnSO_4$ (1%)), смеси этанол-вода (1:1), глицерин-вода (1:1). Эксперименты проводились на планшайбах с разным типом связующего материала и с разным размером зерен абразива, таких как: планшайбы с размерами зерен абразива 250/200 и

80/63 с металлической и керамической связкой. Такие шайбы были выбраны не случайно, так как планшайба с размером зерен абразива 250/200 с металлическим типом связки используется на этапе придания заготовке конечной формы и размеров. Именно на этом этапе формируется самый глубокий структурно-нарушенный слой, который в дальнейшем удаляется. Металлическая планшайба 80/63, керамические планшайбы 250/200 и 80/63 применяются на промежуточных этапах шлифования с целью выравнивания шероховатого поверхностного слоя и подготовки изделий к финишному этапу – полировке. При исследовании параметров СНС использовались такие методы его изучения, как химическое травление, растровая электронная микроскопия (РЭМ) и профилометрия.

По результатам экспериментов установлено, что изменение параметров шероховатости в зависимости от зернистости абразива носит нелинейный характер, так при уменьшении размера зерен алмазного абразива на планшайбе с металлической связкой в 3 раза шероховатость уменьшается в 8-10 раз, а на керамической в 3,5. При использовании металлической связки образуется в среднем в 5,5 раз более шероховатый СНС, чем при использовании металлоорганической с алмазным абразивом того же размера [2].

На основании результатов экспериментов, исследований на профилометре и РЭМ была выдвинута гипотеза, что разрушение хрупких материалов в процессе шлифования может осуществляться различным способом: в одном случае отделением блоков шлифуемого материала по магистральным и оперяющим трещинам – процесс доминирующий при шлифовании с крупным абразивом; в другом случае микроскалыванием частиц шлифуемого материала с поверхности - при использовании алмазного инструмента с мелким абразивом.

В зависимости от состава СОЖ будет меняться и глубина СНС. При шлифовании на металлической шайбе с размером зерен 250/200 с использованием воды в качестве СОЖ будет формироваться СНС с разветвленной сетью трещин со средней глубиной 92 мкм, в то время как при использовании глицерина 53 мкм. При этом скорость шлифования с использованием воды будет превышать скорость шлифования с глицерином более чем в 5 раз. Так, меняя в процессе шлифования состав СОЖ, например с воды на глицерин, можно уменьшать глубину невидимой трещиноватой части СНС не меняя инструмент.

Вследствие химической природы СОЖ на разных этапах обработки скорость шлифования кварца также различается. С использованием воды на крупном абразиве скорость шлифования в среднем выше на 10-40%, чем с другими жидкостями потому, что основной объем разрушения при шлифовании с водой происходит за счет отделения блоков материала по магистральным и оперяющим трещинам, образованным в процессе шлифования под действием дополнительного усилия, создаваемого водой – раскливающего давления [3].

Полученные результаты дают основания для разработки метода шлифования, при котором на начальном этапе будет использоваться первичная СОЖ, обеспечивающая высокую скорость обработки и образующая развитый СНС. В дальнейшем она замещается на СОЖ, формирующую меньший по толщине СНС с незначительной потерей по скорости. Такой вариант обработки позволит оптимизировать процесс шлифования, уменьшить количество промежуточных или дополнительных стадий и как следствие сократить время на огранку ювелирных камней.

Литература

1. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. М. : «Машиностроение», 1974, 320 с.
2. Ахметшин Э.А., Казьмина К.В. Влияние состава смазывающе-охлаждающих жидкостей на характер шлифования монокристаллического кварца. Выпускная квалификационная работа бакалавра, 2016.
3. 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», МГРИ-РГГРУ, 5-7 апреля, 2016 г. : мат-лы конференции. МГРИ-РГГРУ. М., 2016.

ТИПИЗАЦИЯ БЛАГОРОДНЫХ МАТРИЧНЫХ ОПАЛОВ

Ахметшин Э.А., Филиппов В.В., Фурсова А.Н.

4966945@mail.ru, Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Благородный опал характеризуется упорядоченным глобулярным внутренним строением. В нем проявляется уникальное свойство – опалесценция, связанная с дифракцией света на его глобулярной структуре. Существует большое количество разновидностей благородных опалов: солид опалы, светлые и черные; матричные опалы; огненные опалы; болдер опалы и т.д., среди которых можно выделить особую группу – опализированные породы, к которым можно отнести матричные и болдер опалы [1].

Благородные матричные опалы представляют собой опализированные породы, в структуре которых опал представлен благородными разностями, различной типологии – в форме цемента и микронодулярных выделений, отдельных тонких прожилков. Сами породы могут существенно различаться по генезису и составу. Матричные опалы обладают яркой опалесценцией, обычно светло окрашены. Темные матричные опалы осадочного происхождения встречаются редко. Поступающие на ювелирный рынок черные матричные опалы, как правило, подвергаются предварительно облагораживанию – карбонизации, позволяющей улучшить цветовые характеристики и предать 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]. Образующиеся сажистые формы углерода представляют собой пигмент черного цвета, придающий темный оттенок.

По геммологическим признакам можно выделить несколько групп матричных опалов. Солид мэтрикс опалы (solidmatrixopal) – представляют собой плотные опализированные образования, хорошо поддающиеся карбонизации, обработке и полировке. В природе они в большинстве своем светлого тона, а после карбонизации и в обработанном виде выглядят похожими на классические черные солид опалы. Солид мэтрикс опалы практически не содержат в себе поры, видимые невооруженным глазом, и являются наиболее ценной разновидностью среди всех матричных опалов. Добыча солид мэтрикс опалов осуществляется на месторождении Андамука в Южной Австралии [3]. В настоящее время поставки сырья ограничены, т.к. месторождение по большей части выработано. Цены на сырье солид мэтрикс опалов, поддерживаемые высоким спросом, доходят до 10000 долларов за килограмм. Готовые кабошоны 3-10 карат в среднем оцениваются от 10 долл./кт, для камней со слабой опалесценцией и неравномерной окраской, до 1000 долл./кт, для видовых камней с яркой, трехцветной опалесценцией и равномерной окраской.

Опалы конкрит (concretematrixopal) – 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. Существенным недостатком этого камня является то, что чаще всего его покрывают лаком, чтобы конкрит опал выглядел, как солид мэтрикс опал. Опалы конкрит добываются в основном на месторождениях в Южной Австралии. Цены на сырье существенно ниже, чем у солид мэтрикс опалов и в зависимости от качества находятся в диапазоне от 100 до 1000 долл. за килограмм. Кабошоны конкритопалов оцениваются недорого из-за невысокого спроса и низкого качества. В среднем такие кабошоны стоят 5-20 долл./шт.

Кроме конкрит опалов можно выделить сендстоун опал (sandstoneopal, “fairyopal”), у которого еще более мелкозернистая структура, легко рассыпается, содержит большое число гидроокислов железа. Без упрочнения практически не используются. Данный тип матричных в основном встречается на месторождениях болдер опалов в штате Квинсленд,

Южная Австралия. Как правило, сырьё продаётся небольшими лотами в виде подготовленных пластин покрытых лаком, в пределах 100 долл. за килограмм.

Четвертый тип матричных опалов – опалы, где сама матрица представляет собой породы вулканического происхождения, к которым относятся опалы Гондураса, Мексики и др., вулканические туфовые образования – мелко- и тонкообломочные породы, состоящие из сцементированных частиц вулканического грубообломочного материала (0,1-2 мм) и пепла (менее 0,1 мм) и крупных пористых кусков пемзы. В Гондурасе находятся одни из самых старых копей в мире, в том числе и самая известная из них в Талбоне. Копи с опалами располагаются в вулканических образованиях базальтового и андезит-базальтового состава, с широкими зонами опализации. На международном рынке продаётся сырьё в виде крупных блоков и кусков от 100 гр до нескольких кг, представленное двумя основными разновидностями – плотная, с яркой опалесценцией, тёмно-серого цвета, с полосчатой текстурой – около 1000 долл/кг и более пористой, с низкой плотностью, со слабой опалесценцией – до 300 долл./кг. Кабошоны такого матричного опала выглядят невзрачно – они содержат большое количество включений обломочного материала, неравномерно окрашены, участки, содержащие пензоподобный материал, не поддаются полировке. Средняя цена не превышает 40 долл./шт.

Матричные опалы трудно поддаются качественной полировке, т.к. состоят из разнородного вещества, а также содержат в себе поры. Например, полировка солид мэтрикс опалов гораздо сложнее, чем полировка классических солид опалов. Чтобы опал приобрел темный тон и раскрыл максимум цвета, требуется провести до десяти циклов карбонизации, а иногда и больше. После этого следует длительный процесс полировки [4].

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, тридимит и кристобалит (два последних входят в состав опала). 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.

Сендстоун опалы, которые представляют собой плохо сцементированные песчаники, содержащие отдельные прожилки, рыхлый цемент из благородного опала и лимонита, наименее прочные из всех, легко рассыпаются и поддаются полировке только после импрегнирования.

Последняя группа матричных опалов – те, которые не требуют карбонизации, представляют собой естественные образования черного цвета, к ним можно отнести вулканические образования, такие как туффиты, которые схожи по внешним признакам в обработанном виде с конкритами [2].

Литература

1. Aracic S., Aracic M. Rediscover opals in Australia. – Aracic, 2007.
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. Downing P.B. Opal identification and Value. – Gem Guides Book Company, 2003.
4. <http://www.opalion.ru/articles/Matrichnyje-opaly>.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ ГРУППЫ КВАРЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

Казьмина К.В, Ахметшин Э.А.

4966945@mail.ru, Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Шлифование является важнейшим этапом обработки ювелирных камней. Именно на этапе шлифования задаются необходимые форма и размеры будущего ограненного камня. Для снижения потерь при механической обработке и увеличения выхода годного необходимо учитывать факторы, влияющие на процесс шлифования, а именно: состав смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ), размер зерен абразива и тип связующего материала планшайбы.

Смазывающе-охлаждающая жидкость является одним из важнейших участников процесса шлифования. Основная роль СОЖ по литературным данным [1] сводится к снижению трения при обработке, охлаждению и уменьшению износа инструмента, удалению шлама, кроме того СОЖ значительно снижает вероятность повреждения поверхностей обрабатываемых деталей и инструмента. Однако это не объясняет, почему в зависимости от состава и химической природы СОЖ, изменяются параметры шлифования, а именно: скорость шлифования, шероховатость поверхности, глубина и строение структурно-нарушенного слоя (СНС). Структурно-нарушенный слой – это трещиноватый слой, формируемый при шлифовании, состоящий из видимого шероховатого и невидимого трещиноватого слоев. Видимая часть СНС легко наблюдается, ее параметры можно оценить визуально или при помощи оптических методов. Невидимая трещиноватая часть СНС состоит из магистральных и оперяющих трещин. Магистральные трещины – трещины, уходят далеко вглубь материала, сонаправленные с направлением набегания абразива. Оперяющие трещины – трещины, начинающиеся от магистральной трещины и заканчивающиеся либо в соседней магистральной трещине, либо уходят в среду. Невидимая трещиноватая часть СНС практически не изучена, так как ее исследование затруднительно, хотя именно параметры невидимой части СНС будут оказывать важнейшее влияние на качество ограненных камней и на весь процесс их обработки.

В качестве модельного материала для изучения влияния состава СОЖ на характер шлифования был выбран кварц, так как он является одним из самых распространенных, доступных материалов, имеющий большое количество цветных разновидностей, которые широко используются в ювелирной промышленности, такие как аметист, цитрин и т.д.

В работе исследовано влияние состава СОЖ на скорость шлифования кварца и параметры СНС (шероховатость, глубину). Изучение влияния состава СОЖ на параметры шлифования позволяет оптимизировать процессы механической обработки ювелирных камней, а именно увеличить производительность, уменьшить время обработки и количество операций. Целью работы было оптимизировать процесс шлифования с учетом вклада следующих факторов в процесс шлифования: состав СОЖ, размерность абразива, тип связующего материала планшайбы.

Образцы монокристаллического кварца одного размера и одинаковой ориентации перпендикулярно z-оси, были отшлифованы с использованием различных СОЖ, планшайб с разным размером зерен абразива и типом связки, с постоянной нагрузкой, в одной зоне планшайбы, при постоянной скорости вращения инструмента, т.е. с постоянной угловой скоростью и постоянной скоростью набегания зерен абразива. Для проведения экспериментов использовались следующие СОЖ, которые имеют различную химическую природу и обладают разными физико-химическими свойствами: вода, этанол, глицерин, минеральное масло, раствор электролита ($ZnSO_4$ (1%)), смеси этанол-вода (1:1), глицерин-вода (1:1). Эксперименты проводились на планшайбах с разным типом связующего материала и с разным размером зерен абразива, таких как: планшайбы с размерами зерен абразива 250/200 и 80/63

с металлической и керамической связкой. Такие шайбы были выбраны не случайно, так как планшайба с размером зерен абразива 250/200 с металлическим типом связки используется на этапе придания заготовке конечной формы и размеров. Именно на этом этапе формируется самый глубокий структурно-нарушенный слой, который в дальнейшем удаляется. Металлическая планшайба 80/63, керамические планшайбы 250/200 и 80/63 применяются на промежуточных этапах шлифования с целью выравнивания шероховатого поверхностного слоя и подготовки изделий к финишному этапу – полировке. При исследовании параметров СНС использовались такие методы его изучения, как химическое травление, растровая электронная микроскопия (РЭМ) и профилометрия.

По результатам экспериментов установлено, что изменение параметров шероховатости в зависимости от зернистости абразива носит нелинейный характер, так при уменьшении размера зерен алмазного абразива на планшайбе с металлической связкой в 3 раза шероховатость уменьшается в 8-10 раз, а на керамической в 3,5. При использовании металлической связки образуется в среднем в 5,5 раз более шероховатый СНС, чем при использовании металлоорганической с алмазным абразивом того же размера [2].

На основании результатов экспериментов, исследований на профилометре и РЭМ была выдвинута гипотеза, что разрушение хрупких материалов в процессе шлифования может осуществляться различным способом: в одном случае отделением блоков шлифуемого материала по магистральным и оперяющим трещинам – процесс доминирующий при шлифовании с крупным абразивом; в другом случае микроскалыванием частиц шлифуемого материала с поверхности – при использовании алмазного инструмента с мелким абразивом.

В зависимости от состава СОЖ будет меняться и глубина СНС. При шлифовании на металлической шайбе с размером зерен 250/200 с использованием воды в качестве СОЖ будет формироваться СНС с разветвленной сетью трещин со средней глубиной 92 мкм, в то время как при использовании глицерина 53 мкм. При этом скорость шлифования с использованием воды будет превышать скорость шлифования с глицерином более чем в 5 раз. Так, меняя в процессе шлифования состав СОЖ, например с воды на глицерин, можно уменьшать глубину невидимой трещиноватой части СНС не меняя инструмент.

Вследствие химической природы СОЖ на разных этапах обработки скорость шлифования кварца также различается. С использованием воды на крупном абразиве скорость шлифования в среднем выше на 10-40%, чем с другими жидкостями потому, что основной объем разрушения при шлифовании с водой происходит за счет отделения блоков материала по магистральным и оперяющим трещинам, образованным в процессе шлифования под действием дополнительного усилия, создаваемого водой – раскливающего давления [3].

Полученные результаты дают основания для разработки метода шлифования, при котором на начальном этапе будет использоваться первичная СОЖ, обеспечивающая высокую скорость обработки и образующая развитый СНС. В дальнейшем она замещается на СОЖ, формирующую меньший по толщине СНС с незначительной потерей по скорости. Такой вариант обработки позволит оптимизировать процесс шлифования, уменьшить количество промежуточных или дополнительных стадий и как следствие сократить время на огранку ювелирных камней.

Литература

1. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. М. : Машиностроение, 1974, 320 с.
2. Руководитель Ахметшин Э.А., студент Казьмина К.В. Влияние состава смазывающе-охлаждающих жидкостей на характер шлифования монокристаллического кварца. Выпускная квалификационная работа бакалавра, 2016.
3. 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», МГРИ-РГГРУ, 5-7 апреля, 2016 г. : мат-лы конференции. МГРИ-РГГРУ. М., 2016.

S-V

**СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ, ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ
ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ;
МИНЕРАГЕНИИ**

ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЗВИТИИ ОБСТАНОВОК ЭНДОГЕННОГО РУДОГЕНЕЗА

¹Васильев Н.Ю., ²Мострюков А.О., ²Петров В.А.

geostress@mail.ru, ¹Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия;

²Обсерватория Борок ИФЗ РАН, п. Борок, Ярославская область

Реконструированы тектонические поля напряжений и деформаций на пятнадцати объектах, относящихся к разным генетическим группам эндогенных месторождений.

Для реконструкций использована исходная информация двух типов: 1) геологическая – об ориентировке и кинематике сколовых подвижек на плоскостях трещин и разрывов (возраст подвижек не древнее вмещающих горных пород) и 2) сейсмологическая – о механизмах очагов землетрясений, ближайших к объекту исследования.

Исходя из ограничений, обоснованных в работе [1], геологические данные каждого объекта сепарированы на совокупности тектонических подвижек, соответствующих единому, устойчивому в 3-мерном пространстве объекта, тензору напряжений/деформаций. По этим совокупностям рассчитаны значения параметров искоемых полей.

Результаты расчётов на примере золоторудного объекта даны в таблице. Для объекта 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) унаследованное 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.

Взбросовая фаза «В» (табл.) характеризуется условиями активного близвертикального растяжения σ_1 (*коэффициент Лодэ-Надаи $\mu_\epsilon < 0$, вертикальное приращение деформации $\Delta Z > 0.1$*). В этих условиях происходили положительная дилатансия (деформационное разуплотнение) и декомпрессия горных пород с образованием рудных «ловушек»: локализация золотоносных жил хорошо согласуется с позицией зон дилатансии в структуре объекта.

Единство позиций зон рудогенеза и зон положительной ($\mu_\epsilon < 0, \Delta Z > 0.1$) дилатансии на объектах – признак достоверности реконструкций и их значимости для *прогноза* и *поисков* руд.

Фазы деформации	Механизм нагружения	Ориентация осей главных напряжений			μ_ϵ	ΔZ
		σ_1 (растяж.)	σ_2 (промежут.)	σ_3 (сжатия)		
А (сейсм.)	Взбросовый	213° ∠ 60°	354° ∠ 24°	92° ∠ 16°	+0.09	+0.09
А(новейшая)	Взбросовый	214° ∠ 66°	7° ∠ 22°	101° ∠ 10°	+0.09	+0.11
В	Взбросовый	208° ∠ 73°	95° ∠ 7°	3° ∠ 15°	-0.05	+0.13
С	Сдвиговый	97° ∠ 4°	209° ∠ 79°	7° ∠ 10°	+0.12	+0.02
Д	Сбросовый	100° ∠ 11°	7° ∠ 16°	223° ∠ 70°	-0.23	-0.09
Е	Сбросовый	347° ∠ 15°	82° ∠ 20°	222° ∠ 65°	-0.20	+0.01
Ф (древняя)	Сдвиговый	360° ∠ 27°	223° ∠ 55°	101° ∠ 20°	+0.14	-0.08

Литература

1. Гущенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. – М. : Наука, 1979. – С. 7-25.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ. ВЫВОДЫ ДЛЯ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ

¹Волков А.В., ¹Прокофьев В.Ю., ¹Сидоров А.А., ²Савва Н.Е.,
²Колова Е.Е., ¹Аристов В.В., ¹Чижова И.А., ¹Мурашов К.Ю.

¹tma2105@yandex.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

²savva@neisri.ru, Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский
институт ДВО РАН, Магадан, Россия

В докладе представлены результаты работы по проекту Российского научного фонда № 14-17-00170. За три года работы по Проекту собрана коллекция проб и образцов руд по 95 месторождениям и рудопроявлениям золота Северо-Востока России и получена детальная геохимическая характеристика руд месторождений золота различных формационных типов. Кроме того, в результате термобарогеохимических исследований по проекту изучены флюидные включения в минералах руд месторождений. В результате этих исследований определены P-T параметры формирования руд, оценена соленость рудообразующих флюидов. Получены новые данные по составу макро- и микрокомпонентов рудообразующего флюида. Для оценки условий формирования месторождений были рассчитаны индикаторные геохимические показатели. Окончательный вариант базы аналитических данных (БАД) по проекту включает аналитические данные, полученные методами (AAS, ICP-MS и РФА), а также данные анализов водных вытяжек (состав флюидов). Структура БАД состоит из 6 тематических листов/вкладок. БАД включает характеристику 588 проб, содержит 29836 результатов анализов, данных анализов водных вытяжек (7022 значений), геохимические показатели и отношения (16 464 значений).

В ходе выполнения проекта установлены особенности геохимии и флюидного режима формирования богатых руд месторождений золота различных формационных типов. Получены новые выводы о природе источников флюидов и рудного вещества. Показано, что классические эпитермальное месторождения, формировались до развития и становления гранитоидного плутонического очага. Установлено, что допорфиновые эпитермальное месторождения часто подвергаются термальному метаморфизму со стороны пострудных порфировых интрузий. При этом, происходит вынос наиболее подвижных компонентов Sb и As, привнос Cu, Mo либо Sn и локальное концентрирование Ag с образованием серебрякантитового минерального типа руд. Существенно уточнена и дополнена метаморфогенно-магматогенная модель формирования орогенных золото-кварцевых месторождений. Установленное геохимическое сходство золото-кварцевых руд месторождений, связанных с интрузивами гранитоидов (ЗРМ) и в терригенных толщах (ЗКМТ) Яно-Колымского складчатого пояса (ЯКС). Показало, что эти месторождения производные одной орогенной рудообразующей системы и могут быть объединены в рамках одной генетической модели. Вместе с тем, показано, что ЗРМ в верхнемеловых постаккреционных гранитоидах Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса и зон тектоно-магматической активизации, несмотря на определенные элементы конвергентности с ЗРМ ЯКС, представляют собственное рудноформационное образование.

Типизация месторождений золота обеспечивает необходимую основу для исследований по оценке прогнозных ресурсов, для разработки направления геологоразведочных работ, а также для оценки перспектив. Развиваемая нами концепция рудноформационных рядов зиждется на понятии о родоначальном металлоносном флюиде, отлагавшим или переотлагавшим как комплексные недифференцированные, так и дифференцированные (до монометалльных включительно) рудные образования в пределах конкретной геологической структуры. В зависимости от условий рудообразования, принадлежности к определенному рудному комплексу (базовой рудной формации) и тектоно-металлогенической обстановке (ТМО) формирования выделено двадцать рудноформационных типов. Месторождения

золота, относящиеся к этим типам можно рассматривать как потенциально экономически значимые на Северо-востоке России. Для каждого из 20 типов известны эталонные месторождения.

Геохимические подписи руд месторождений Au – функция их вещественного состава и один из самых диагностических параметров. Эти подписи могут быть использованы не только для типизации месторождений и выводах об их промышленной значимости, но и для оценки перспективности аномалий (в горных породах или в почве) и потоках рассеяния. Геохимическая подпись имеет также большое значение для понимания генезиса месторождения. Геохимические подписи нескольких месторождений одного формационного типа обладают большим сходством.

В результате обработки БАД получены эталонные геохимические подписи (ЭГП) руд месторождений Au Северо-востока России, различных формационных типов. Для каждого типа ЭГП составлена из трех частей: основных микроэлементов индикаторов (главных компонентов руд) и второстепенных элементов спутников, концентрировавшихся совместно с главными компонентами в продуктивные стадии, геохимических показателей и спектров РЗЭ. В ЭГП представлены ряды основных микроэлементов индикаторов в рудах различных формационных типов, которые расположены в следующем порядке: от элементов с высокими значениями коэффициента обогащения (>10 , заключены в квадратные скобки) – к элементам с низкими значениями (от >1 до 10). Коэффициенты обогащения были рассчитаны путем деления средних концентраций элементов в рудах на средние концентрации элементов земной коры. Спектры микроэлементов в рудах показаны в виде усиковых диаграмм.

Выполненные по проекту аналитические исследования (прецизионными методами) позволили установить высокоинформативные геохимические и термобарогеохимических признаки месторождений, выявить новые факторы рудообразования и предложить на этой основе экспрессную технологию прогнозирования (далее – технология). Технология предусматривает генерацию и анализ этих признаков и факторов. Технология представляет собой процесс решения группы задач как последовательное выполнение ряда простых шагов. Важной составной частью технологии является БАД, созданная по настоящему проекту. Технология предназначена для применения на прогнозно-поисковой стадии геологоразведочных работ (ГРР). Главная задача ГРР на этой стадии – выбор перспективных участков, где могут быть обнаружены промышленные месторождения. Технология нацелена на решение наиболее важной задачи НИР на этой стадии – определение рудноформационного типа золотого оруденения и оценки его масштаба. Второстепенные задачи, решаемые технологией, включают: выявление и оценку попутных компонентов в рудах; оценку перспективности аномалий (в горных породах или в почве) и потоках рассеяния.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРЯХСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Злобина Т.М., Лексин А.Б., Котов А.А.

tatiana1946@yandex.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

Уряхское Au-рудное поле (УРП) находится в Талаи-Каралонском Au-рудном районе, расположенном на северо-восточной окраине Байкало-Муйского пояса (БМП). Месторождения рудного района размещены в палеотроговой структуре и приурочены к дугообразно ориентированной в С-СЗ направлении системе глубинных разломов, простирающихся вдоль внешней части восточного сегмента БМП и ЮЗ окраины Алдано-Становой зоны Сибирского кратона. Рудная минерализация УРП локализована в центральной части рудного района, вдоль Сюльбанского разлома на протяжении 12 км, в полосе шириной до 4 км, где глубинные разломы С-СЗ системы сопряжены с разломами Кадаро-Чинейской В-СВ (почти субширотной) системы, уходящими в Кадаро-Становую структурно-формационную зону докембрия. Вмещают оруденение УРП метаморфизованные породы известково-сланцевого комплекса усть-уряхской (R2-3ur) и водораздельной (R2-3vd) свит, распространенные восточнее Сюльбанского разлома, а также – метавулканы основного, среднего, кислого составов усть-келянкой толщи (R2-3uk), распространенной западнее. Породы терригенно-осадочного комплекса смяты в антиклинальную складку, шарнир которой ориентирован согласно простиранию Сюльбанского разлома. Интрузии представлены габброидами, гранитоидами (PR2-3) и дайками (PZ₃). Рудная минерализация УРП соответствует месторождениям малосульфидной Au-Ag-Q формации. Некоторые специалисты относят УРП к единому крупному месторождению с запасами ~100 т Au, другие – к отдельным средним месторождениям, имеющим различный структурный тип локализации рудных тел: жильный, штокверковый с жильно-прожилково-вкрапленными рудами. На протяжении всей истории изучения *структуры* УРП неоднократно изменялись взгляды на структурный контроль рудных тел: разрывной или складчато-разрывной. Сюльбанский разлом однозначно воспринимался как единственная рудоконтролирующая и флюидо-распределяющая структура. С разным режимом его тектонической активности (взбросо-сдвиг или сбросо-сдвиг) связывалось образование различных наборов трещинных структурных парагенезисов, вмещивших рудные тела.

В среде ArcGIS проанализированы данные опробования по скважинами карты: распределения минеральных ассоциаций и геохимической зональности Au-Ag соотношений; структурно-литологическая; дешифрирования аэрофотоснимков с диаграммами трещиноватости; геофизической (гамма-спектральной электроразведки, магниторазведки) съемки. Анализ распределения в объеме и по площади состава и содержаний в рудах сульфидов, а также количественных соотношений золота к серебру в системе ГИС выявил их отличие на участках, разделенных поперечными к Сюльбанскому разломами. По геохимическим аномалиям U, Th, K выделены наиболее проницаемые зоны. Вместе с тем, выявлено несоответствие структурно-тектонических данных на различных картах. В процессе полевых исследований проведено специальное структурное картирование рудного поля, с массовыми замерами азимутальных параметров структурных элементов, детальным изучением узлов сочленения разломов разных порядков магистральной Сюльбанской и поперечной к ней систем. По данным структурного картирования восстановлены локальные динамические обстановки, для чего применены тектонофизические методы, использующие математический аппарат многомерной статистики и тензорного анализа [1]. Для установления их соответствия рудному периоду, главные нормальные векторы напряжений ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) и деформаций (A, B, C) реконструированы по сопряженным тангенциальным сколам, выполненным рудными прожилками [2], в отличие от работ предшественников, восстановивших динамический режим по сухим, не минерализованным трещинам. В результате тектонофизических исследований выявлены локальные деформации *двух этапов рудного периода*, контрастно различающиеся

в соседних сегментах Сюльбанской мегаструктуры, разделенных поперечными разломами второго порядка. В этих же сегментах отличались количественные соотношения Au/Ag и минеральные ассоциации рудных сульфидов. Кроме того, ранний этап проявился, при отличии динамических обстановок, во всех сегментах, тогда, как поздний – только в дух несмежных, где выявлены рядом с Сюльбанским разломом зоны высокой трещинной флюидной проницаемости. Результаты изучения методами структурно-парагенетического анализа разломов двух систем, а также сопряженных с ними элементов разрывной тектоники и мелкой складчатости, показали, что активизация магистральной и поперечной систем разломов происходила в режиме сдвигов. Этому режиму соответствует (по теоретическим моделям [3, 4]) кинематика мелких разрывов и образование приразломной складчатости. Для трещинной инфраструктуры, вместившей рудные тела, установлены нетрадиционные механизмы разрушения, вызванные динамическими полями центроидного типа. Такие механизмы не рассматривались в теоретических моделях [3, 4] образования трещинных структурных парагенезисов в зонах сдвига, разработанных на основе экспериментальной геомеханики для сухих, не насыщенных флюидами сред. В результате проведенных ранее исследований [1] центроидного динамического поля и флюидного режимов УРП обосновано участие в формировании структуры сейсмических процессов. Напорные, насыщенные газами флюиды, поступавшие в активный тектонический каркас, обусловили триггерный процесс разрушения среды и последующую перестройку неустойчивого, пульсирующего сейсмического поля напряжений в локальное вихревое, повлекшее образование крутящихся тангенциальных сколов и нелинейных (сигмоидных) структурных элементов.

На основе полученных данных разработана модель формирования структуры УРП. В результате синрудной активизации в режиме сдвигов (shearzones) двух дуплексных систем – Сюльбанской магистральной и поперечной к ней системы разломов второго порядка, образована блоковая структура рудного поля, разделившая магистральную Сюльбанскую систему рудоконтролирующих глубинных разломов на автономные блоки с отличающейся динамической обстановкой. Макроструктура разломных зон формировалась в начале рудного периода как парагенетически связанная с активностью Сюльбанского и поперечных разломов. Особенности формирования трещинной инфраструктуры, вместившей рудные тела, состоят в том, что в период поступления в тектонический каркас флюидов проявилась нетрадиционная сейсмическая активность. Солидарное развитие палеосейсмогенных и гидродинамических процессов обусловило кардинальную перестройку напряженно-деформационного состояния в блоках. В процессе перестройки проявились механизмы деформаций *центроидного* типа, изменившие кинематику уже существующих трещинных нарушений и образовавшие новые, нетрадиционные для зон сдвига парагенетические ассоциации структурных элементов, вместивших рудные тела. Модель образования трещинных структурных парагенезисов в палео-сейсмическом режиме центроидного типа при участии флюидов, объясняет индивидуальную структурно-гидродинамическую организацию в соседних сегментах Сюльбанской системы и отличающиеся структурно-морфологические типы рудных тел в блоках (линейный жильный; ярусное размещение жил субмеридионального и широтного простирания; объемный и линейный штокверки).

Работа выполнена при поддержке Программы 1.4П РАН и СЗРК (Nord-Gold N.V.).

Литература

1. Злобина Т.М., Петров В.А., Прокофьев В.Ю., Котов А.А., Мурашов К.Ю., Вольфсон А.А. Уряхское золоторудное поле (СВ Забайкалье): формирование структурных парагенезисов в сейсмическом режиме центроидного типа // Доклады Академии наук, 2016. Т. 470. № 4. С. 462-467.
2. Малиновский Е.П., Чернышев В.Ф. Геометрический анализ структуры рудных месторождений в дислоцированных слоистых толщах / Эндогенные рудные месторождения. М.: Наука, 1980. С. 215-229.
3. Sylvester A.G. Strike-slip faults // Geol. Soc. Amer. Bull. 1988. V.100. N. 11. P.1666-1703.
4. Riedel W. Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen // Zbl. Mineralogie, Geol. Und Palaentol. – 1929. – Abt. B, 30. – P. 354-368.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛЬНОМ СОСТАВЕ РУД НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИИ

¹Криволицкая Н.А., ²Толстых Н.Д., ¹Кубракова И.В., ¹Тютюнник О.А.,
¹Свирская Н.М., ¹Кононкова Н.Н., ²Поспелова Л.Н., ³Нестеренко М.Р., ³Коршунов Д.М.
¹nakriv@mail.ru, Институт геохимии и аналитической химии
им. В.И. Вернадского, Москва, Россия; ²Институт геологии и минералогии СО РАН,
Новосибирск, Россия; ³Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Введение. Уникальные по своим запасам и геологическому строению платино-медно-никелевые Норильские месторождения, расположенные на севере Сибирской платформы в пределах трапповой провинции, изучаются и эксплуатируются на протяжении многих десятков лет (Годлевский, 1959; Золотухин и др., 1975; Лихачев, 1996, 2006). Однако в результате детальной разведки и отработки месторождений постоянно выявляются новые особенности их строения и состава, которые требуют генетической интерпретации. В последние годы геологами ООО «Норильскгеология», а также ГК «Норильский никель» скважинами и подземными горными выработками вскрыты богатые сплошные и вкрапленные руды в пределах Талнахского рудного узла (Талнахское, Октябрьское месторождение). Для них нами были изучены минеральный и химический состав, а также состав вмещающих их пород.

Фактический материал. Для *Талнахского месторождения* были исследованы сплошные руды северо-восточной и юго-западной ветвей Талнахского интрузива: залежи «Центральная основная» (по скв. ОУГ-2) и «Южная 2» (по скв. ЭМ-6 и подземным выработкам) соответственно. Химический состав руд изучен в лаборатории благородных металлов в ГЕОХИ, а состав минералов на «Самбах-микро» в ИГМ СО РАН и CamecaSX 100 в ГЕОХИ РАН. Мощность сплошных руд по скв. ОУГ-2 превышает 20 м. В их составе преобладает пирротин, крупные выделения которого (до 4-5 см) обычно окаймляются халькопиритом (до 1 см мощностью) с образованием петельчатой текстуры. Пентландит макроскопически не виден, но он устанавливается в виде структур распада в пирротине, а также образует самостоятельные зерна. Такой состав руд с подобными текстурно-структурными особенностями очень типичен для всех залежей северо-восточной интрузивной ветви. Содержания основных металлов колеблются в пределах (%): Cu = 2.2-5.8; Ni = 0.4-4.7; Pt+Pd+Rh = 2.0-9.2 ppm. Среди минералов платиновой группы обнаружены майченерит и меренскит. Залежь «Южная 2» существенно отличается от руд северо-восточной части как по содержанию главных компонентов, так и элементов-примесей. Она представляет собой линзообразное тело мощностью до 15 м, локализованное на границе габброидов и карбонатно-терригенных пород девона. Линза состоит преимущественно из халькопирита, в краевых частях присутствует борнит, типичны порфиридные пентландит-халькопиритовые руды, реже встречаются пирротин-халькопиритовые разновидности (отношение Cu/Ni=5-7). Уникальны содержания платиновых металлов, в среднем составляющие 225-250 ppm, а в ураганных пробах – 5500 ppm! Такие богатые руды не были ранее известны в Норильском рудном районе (по содержаниям платиновых металлов к ним приближаются только отработанные жильные руды рудника Морозова, где сумма платиноидов превышала 2000 ppm). В этих рудах установлено большое количество минералов платиновой группы – тетраферроплатина, маякит, паладарсенит, гуанглинит, стиллуотерит, полярит, звягинцевит и многие другие.

Для *Октябрьского месторождения* многими исследователями детально описана Основная Хараелахская залежь огромных размеров (2x4x0,04 км), имеющая зональное строение (от центра к периферии): талнахитовые руды – кубанит-халькопиритовые -- существенно пирротиновые (Генкин и др., 1981; Stekhin, 1994; Torhashin, 1994). Мы же сосредоточили свои усилия на изучении жильных руд западной и центральных частей месторождения. Жильные руды, вскрытые на флангах Хараелахского массива (скв. ЗФ-12), достигают 10-12 м мощности и сложены преимущественно пирротином и халькопиритом

с пентландитом. Концентрации меди и никеля в них очень близки и колеблются от 1 до 2 %. Содержания Pt+Pd+Rh варьируют от 2.6 до 9.1 ppm. Из минералов благородных металлов установлено самородное золото и меренскит. Таким образом, эти руды очень близки к жильным рудам северо-восточной ветви Талнахского интрузива.

Залежи сплошных руд «Северная 3» и «Северная 4» и связанных с ними вкрапленных руд существенно отличаются по составу от вышеописанных руд западной части месторождения, а также между собой. Залежь «Северная 4» располагается на севере центральной части месторождения, а «Северная 3» – к югу от нее, отделяясь осадочными породами. Первое из названных рудных тел состоит преимущественно из талнахита, наряду с которым встречаются пирротин, и очень редко – пентландит (в виде структур распада в пирротине). Содержания платиновых металлов (Pt+Pd) невысокие (в среднем 3-4 ppm), но зато обнаружены повышенные содержания родия (до 8 ppm). Залежь «Северная 3» имеет халькопирит-пирротинный состав. Отличительной ее особенностью является присутствие в большом количестве борнита. Указанные минеральные особенности этих двух рудных тел типичны и для вкрапленных руд.

Выводы. Учитывая необычный состав массивных руд залежи «Южная 2», а также окружающих ее вкрапленных руд, авторы полагают, что породы юго-западной и северо-восточной ветвей Талнахского интрузива, разделенные Норильско-Хараелахским разломом и локализованные на разных гипсометрических уровнях, были образованы в результате внедрения отдельных порций магмы, которая привнесла с собой разные по составу сульфиды. Эта идея подтверждается данными А.П. Лихачева (2006), который продемонстрировал разнонаправленное движение магматического расплава в этих ветвях по ориентировке зерен оливина. Это же можно сказать и о залежах «Северная 3» и «Северная 4». Главный вывод из проделанной работы свидетельствует о том, что образование месторождений Талнахского рудного узла происходило более сложным путем, чем это представлялось ранее.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 15-05-09250).

Литература

1. Генкин А.Д., Дистлер В.В., Гладышев Г.Д. и др. 1981. Сульфидные медно-никелевые руды норильских месторождений. М. : Наука. 295 с.
2. Годлевский М.Н. 1959. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района. М. : Госгеолтехиздат. 68 с.
3. Золотухин В.В., Рябов В.В., Васильев Ю.Р., Шатков В.А. 1975. Петрология Талнахской рудоносной дифференцированной трапповой интрузии. Новосибирск : Наука. 243 с.
4. Лихачев А.П. 1996. Хараелахский интрузив и его платино-медно-никелевые руды // Руды и металлы. № 3. С.48–62.
5. Лихачев А.П. 2006. Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения. М.: Эслан. 496 с.
6. Naldrett A.J., Fedorenko V.A., Asif M. et al. 1996. Controls on the composition of Ni-Cu sulfide deposits as illustrated by those at Noril'sk, Siberia // Econ. Geol. Vol. 91. P. 751-773.
7. Stekhin A.I. 1994. Mineralogical and geochemical characteristics of the Cu-Ni ores of the Oktyabr'skoe and Talnakh deposits // Proceeding of the Sudbury-Noril'sk symposium, OGS special, vol. 5, pp. 217-230
8. Torgashin A.S. 1994. Geology of the massive and copper ores of the western part of the Oktyabr'skoe deposit // Proceeding of the Sudbury-Noril'sk symposium, OGS special, vol. 5, pp. 231-242.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВО ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСЧАНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРТАТИВНОГО РФА-ЭД АНАЛИЗАТОРА

Лубкова Т.Н., Балыкова И.В., Шестакова Т.В., Яблонская Д.А.
tanya_lubkova@mail.ru, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Оценка механизмов формирования вторичных ореолов в значительной степени базируется на представлениях о формах нахождения рудных и сопутствующих элементов, обуславливающих их подвижность и распределение в твердой фазе для заданных параметров среды. Полученные данные в свою очередь могут использоваться для повышения эффективности геологоразведочных работ и прогноза воздействия на окружающую среду при планируемой отработке месторождений.

Преобладание безминеральных форм, недостаточные пределы обнаружения ограничивают возможности электронной микроскопии и рентгеновской дифракции для идентификации форм нахождения элементов в рыхлых отложениях. Для решения данной задачи широко используют методы химического фракционирования, направленные на последовательное выделение из рыхлых отложений обменных и сорбированных форм элементов, форм, закрепленных оксидами и гидроксидами железа и марганца и органическим веществом, а также форм, прочно связанных с кристаллической решеткой силикатов. Использование метода последовательных селективных экстракций позволяет оценить долю наиболее подвижных форм элементов и охарактеризовать вклад основных механизмов перераспределения металлов в формирование геохимических аномалий.

Для анализа селективных экстракций применяют широкий спектр методов (ААС, ИСП-АЭС, ИСП-МС, ИВАМ). Контроль состава растворов также может проводиться методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Для повышения чувствительности метода анализ растворов, как правило, проводят с предварительным концентрированием (путем сорбции на угле, селективных мембранах; осаждением пирролидин-тиокарбаминатом аммония – APDC; в «высушенной капле») [2].

В последнее время в России и за рубежом при геологоразведочных работах эффективно используют современные портативные энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные (РФА-ЭД) спектрометры, технические характеристики которых обеспечивают проведение экспрессного многоэлементного анализа твердых фаз в условиях полевых лабораторий и непосредственно в полевых условиях. В настоящей работе рассмотрены возможности применения портативных анализаторов при идентификации форм нахождения элементов во вторичных ореолах методом последовательных селективных экстракций.

Исследования проводились с использованием спектрометра NITON FXL 950 на примере рыхлых отложений уникального медно-порфирового месторождения Песчанка, локализованного в раннемеловых монзонитоидах егдэгкычского комплекса (Баимская золото-меднорудная зона, Западная Чукотка). В ландшафтном отношении на территории преобладают автономные ландшафты плоских водоразделов и трансэлювиальные ландшафты крутых склонов и склонов средней крутизны Главного и более пологих склонов Центрального штокверков. Оруденение представлено прожилково-вкрапленными и прожилковыми рудами с халькопиритом, борнитом, халькозином, молибденитом. На порфировые руды наложена суб- и эпиптермальная минерализация [1].

Для исследований было отобрано 24 пробы рыхлых отложений – по 12 проб из вторичных ореолов Главного (более богатого) и Центрального штокверков. Основным инструментом определения форм нахождения меди и элементов-спутников являлся метод последовательных селективных экстракций [3, с изменениями]. Полученные экстракции анализировались для определения содержания элементов (Cu, Zn, Pb, Fe, Mn) методом РФА-ЭД с использованием портативного спектрометра NITON FXL 950 с предварительным концентрированием по «методу высушенной капли».

Калибровка спектрометра проводилась по серии растворов, подготовленных из ГСО состава исследуемых элементов (путем их смешения в определенных пропорциях и разбавления 3% раствором HNO_3 ОСЧ). Подготовка калибровочных растворов и селективных экстракций к анализу включала внесение внутреннего стандарта (раствора Sc) и концентрирование растворов по методу «высушенной капли» (аликвоту объемом 150 мкл наносили на поликарбонатную пленку толщиной 3,5 мкм и высушивали в сушильном шкафу при $t=75\pm 5^\circ\text{C}$). Пробы анализировались в режиме измерения геохимических проб, использующем алгоритм нормализации по Комптону. Время анализа одной пробы составляло 120 сек (для определения содержаний Cu, Zn, Pb, Fe, Mn – 90 сек, Sc – 30 сек), каждая проба анализировалась не менее 3 раз.

Оценка сходимости результатов РФА-ЭД показала, что при содержаниях ≥ 1 мг/л относительное стандартное отклонение ($n=3-6$) не превышает 10% (кроме Mn – 17%). С учетом соотношения твердой и жидкой фаз при проведении экстрагирования с указанными ошибками могут быть определены содержания подвижных (обменных, сорбированных, связанных с карбонатами) форм, с уровня 15 мг/кг, форм, связанных с оксидами и гидроксидами железа и марганца и с органическим веществом – с уровня 30 мг/кг.

Выборочный анализ селективных экстракций прецизионными методами (ААС, 8 экстракций, спектрометр Contr AA 700, Analytik Jena; ИСП-МС, 20 экстракций, масс-спектрометр высокого разрешения ELEMENT 2, Finnigan) показал хорошую воспроизводимость результатов. В целом анализ метрологических характеристик (правильности, сходимости, воспроизводимости) свидетельствует о том, что методом РФА-ЭД с использованием портативного спектрометра NITON FXL 950 могут быть получены достоверные данные о содержаниях элементов в растворах.

Одновременно с оценкой метрологических характеристик метода РФА-ЭД, было проведено определение воспроизводимости извлечения элементов из рыхлых отложений (по двум параллельным сериям экстрагирования для 6 проб, всего 18 селективных вытяжек). Анализ результатов показал, что методом селективных экстракций могут быть получены устойчивые данные о формах нахождения элементов в рыхлых отложениях, что является необходимым условием при выявлении закономерностей перераспределения элементов в гипергенных условиях.

В результате проведенных исследований установлено, что распределение форм нахождения элементов в рыхлых отложениях обусловлено составом оруденения (бедные халькопиритовые руды, рядовые и богатые борнит-халькопиритовые руды) и ландшафтными условиями, в которых происходит формирование вторичных ореолов. В горно-тундровых ландшафтах основными факторами перераспределения меди и сопутствующих элементов являются образование гипергенных минералов (основных сульфатов, карбонатов) и соосаждение с оксидами и гидроксидами железа и марганца.

Наличие тонкодисперсного материала и органического вещества в лесотундровых ландшафтах содействует переводу элементов из форм, закрепленных гидроксидами и оксидами железа и марганца, в менее прочно связанные подвижные (обменные и сорбированные) формы и обеспечивает более интенсивный вынос элементов, что находит свое отражение в оценках коэффициентов остаточной продуктивности.

Литература

1. Николаев Ю.Н., Джеджева Г.Т., Сидорина Ю.Н., Калько И.А. Геохимическая зональность Песчанкинской порфирово-эпитермальной системы (Западная Чукотка) // Разведка и охрана недр, 2016, № 11, с. 41-46.
2. Пашкова Г.В, Ревенко А.Г. Рентгенофлуоресцентное определение элементов в воде с использованием спектрометра с полным внешним отражением // Аналитика и контроль, 2013, т. 17, № 2, с. 122-140.
3. Tessier A., Campbell P., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Analytical Chemistry, 1979, v. 51, N 7, pp. 844-850.

ШЛИХО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

Мансуров Р.Х.

Rinman81@bk.ru, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, Москва, Россия

Объект исследований – золотое рудопроявление Южное расположено в пределах Средне-Ишимбинской перспективной площади на восточном склоне Енисейского кряжа, в 120 км юго-восточнее пгт. Северо-Енисейский. Структурная позиция рудопроявления характеризуется его приуроченностью к зоне системы Ишимбинского рудоконтролирующего разлома в узле его пересечения секущими СВ разрывами. В геологическом строении принимают участие карбонатно-терригенные отложения сухопитской (погорюйская, аладинская и карточки свиты) и тунгусикской (потоскуйская свита) серий, среднего и верхнего рифея, соответственно.

Методически шлихо-геохимические поиски осуществлялись согласно применяемой ФГУП ЦНИГРИ методике поисков золоторудных месторождений в сложных горно-таежных ландшафтах [1]. С учетом повсеместно распространенных перекрывающих информативный элювиально-делювиальный слой дальнепринесенных отложений опробование производилось, в среднем, на глубине 0,8-1,0 м [2]. Это позволило получить наиболее представительные результаты о коренной золотоносности исследуемой площади.

В ходе выполнения работ проведен комплекс геохимических работ, включающий в себя геохимические поиски по потокам рассеяния, литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния, шлихо-геохимические поиски. Лабораторно-аналитические методы включали в себя химико-спектральный на золото, ICP-MS, пробирно-атомно-абсорбционный, рентгено-фазовый анализы. Кроме того, проведены специализированные шлихо-минералогические исследования; изотопно-геохимические исследования.

Литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния (ВОР) в пределах рудопроявления осуществлялись как в стандартном площадном варианте (сеть опробования 200x20 м, глубина опробования 0,3-0,4 м), так и в профильном по линиям горных выработок путем опробования нижнего надкоренного информативного слоя элювиально-делювиальных отложений в копушах глубиной 0,8-1,0 м, бульдозерных расчистках глубиной 1 м и шурфах до коренных пород (интервал опробования 10-40 м, глубина опробования 0,8-1,0 м).

По результатам площадного опробования установлено несколько контрастных ореолов золота. Последние образуют практически сплошное аномальное геохимическое поле (АГХП) размером около 1,5x2,2 км, в пределах которого локализуется область максимально высоких (0,1-0,8 г/т) содержаний золота, шириной до 300 м. АГХП золота сопровождается ореолами марганца, при этом поля максимально высоких его содержаний (0,5-2%) практически совпадают с полями высокоаномальных содержаний золота. По периферии АГХП золота установлены аномальные поля серебра и цинка. По данным ICP-MS аномальное поле золота сопровождается повышенными содержаниями в ВОР As, W, Sb, Cu, Co и др.

В результате *шлихо-геохимических поисков* выявлено несколько шлиховых ореолов, среди которых наиболее контрастные отвечают положению золотоносных минерализованных зон в ВОР и первичных ореолах. В пределах последних шлиховые ореолы золота характеризуются содержаниями золота более 10 знаков золота на шлиховую пробу. Шлихо-геохимические аномалии сопровождаются шлиховыми ореолами пирита, оксидов и гидроксидов железа и марганца.

Специализированные шлихо-минералогические исследования предусматривали изучение магнитной, электромагнитной (ЭМФ), тяжелой немагнитной (ТНФ) и легкой фракций шлиховых проб с целью изучения их минерального состава, распределения золота и сопутствующих элементов. Наиболее детально изучался материал ЭМФ и ТНФ шлиховых

проб. ЭМФ представлена преимущественно гидроксидами железа, гетитом (гидрогетитом), образованных по минералам железо-магнезиальных карбонатов (анкерит, сидерит). Наибольшее их распространение отмечается в зонах развития метасоматических изменений вмещающих пород – пиритизации, железо-магнезиальной карбонатизации и линейных кварцевых жильно-прожилковых зонах. В меньшей степени распространены сульфидные минералы, на 99% представленные пиритом.

Основным минералом ТНФ является пирит различных кристаллографических форм, среди которых наиболее распространены кубические кристаллы (до 90 об.%). Осложненные формы пирита также весьма распространены, часто составляют до 20% объема шлиховых проб. Среди осложненных форм преобладает кубоктаэдры; октаэдрические формы пирита достаточно редки и составляют первые %. Пентагондодекаэдрические формы пирита – распространенная форма выделения, но составляет не более 5 % навески, однако в отдельных пробах в пределах минерализованных зон может достигать 30%. Особенностью этой формы пирита является уплощенный габитус кристаллов. Часто отмечается совместное наличие в пробах значительного количества пентагондодекаэдрических кристаллов пирита и знаков самородного золота. В основном, это характерно для центральных частей ореолов максимальной вкрапленной пиритизации.

Установлено, что наиболее контрастно золотоносные минерализованные зоны рудопроявления фиксируются по аномальным концентрациям золота и элементов-спутников именно в ЭМФ и ТНФ шлиховых проб. Анализ распределения золота и сопутствующих элементов в этих фракциях показал, что средние содержания золота (около 8 г/т) в них практически не отличаются, тогда как концентрации As, Sb, Bi, W, Cu, Mo, Ni, Co, Pb, Zn в ЭМФ в 1,6-2,7 раза выше. Корреляционным анализом в обеих фракциях установлена практически идентичная структура корреляционных связей с золотоносной Au – As – Bi и сопутствующей ей Cu – Ni – Co – Mn ассоциациями. Кроме того, установлены значимые положительные корреляционные связи в рядах Na – K, Ca – Mn – Sr.

Концентрации золота и сопутствующих элементов в *первичных ореолах (ПО)* определялись бороздовым опробованием полотна бульдозерных траншей до коренных пород и керновым опробованием скважин колонкового бурения. В результате установлено несколько ПО золота – наиболее представительный ПО с концентрациями более 0,1 г/т выявлен в центральной части рудопроявления; его мощность более 60 м. В пределах последнего по данным опробования керна скважин установлены маломощные (до первых десятков метров) ореолы (эпицентры) с наиболее высокими концентрациями золота (более 0,3 г/т). По данным бороздового опробования траншей на дневной поверхности ореол распадается на несколько маломощных (первые метры) зон. Содержания золота в пределах эпицентра повышенных концентраций в отдельных пробах достигают 6,5 г/т.

В качестве объекта-эталоны было выбрано Ведугинское золото-сульфидное месторождение. Основными поисковыми признаками последнего являются следующие: 1) приуроченность к краевой части антиклинальной структуры в зоне разрывных нарушений; 2) крупнообъемное золото-сульфидное оруденение с вкрапленными рудами; 3) субсогласное стратифицированное залегание золотоносных минерализованных зон [3].

Литература

1. Иванов А.И. Экспрессный метод поисков золоторудных месторождений в сложных горно-таежных ландшафтах // Руды и металлы. – 2014. – № 1. – С. 36-42.
2. Мансуров Р.Х., Зеликсон Б.С., Курмаев А.В. Применение экспрессной методики поисков золоторудных месторождений в горно-таежных ландшафтах на примере поисковых работ на большеобъемное золотое оруденение в пределах Средне-Ишимбинской площади // Руды и металлы. – 2015. – № 4. – С. 39-50.
3. Мкртычян А.К., Берзон Е.И., Зуев В.К. и др. Прогнозно-поисковые модели основных формационных типов золоторудных месторождений Енисейского кряжа // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири. Материалы юбилейной научно-практической конференции. Красноярск : ОАО «Красноярскгеолсъемка». 2010. С. 46-62.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ЮЖНОГО И ЮГО-ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Мирусманов М.А.

mmirusmanov@mail.ru, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

Территория Южного Узбекистана представляет собой зону сочленения Южного и Юго-Западного Тянь-Шаня. В большинстве схем металлогенического районирования территории выделяются четыре структурно-формационные зоны (СФЗ) вытянутые в субширотном направлении: Заравшано-Алайская; Гиссарская; Южно-Гиссарского глубинного разлома; Кугитанг-Байсунская.

Различные факторы рудоконтроля, определяющие закономерности локализации золотой минерализации, рассмотрены для наиболее типичных месторождений и рудопроявлений, соответствующих рудноформационным подразделениям. При этом, согласно Е.Т. Шаталову и др.[1], факторы контроля оруденения подразделяются на металлогенические («работающие» для крупных рудоносных площадей – металлогенических провинций, зон и подзон) и рудоконтролирующие – для средних и более локальных рудоносных площадей (рудных районов, узлов, зон и рудных полей). Закономерности локализации во времени определяются эпохами и периодами золотого оруденения, которые связаны с определенными этапами тектоно-магматического развития района.

Главным проявлением металлогенического фактора является тесная связь геолого-геохимических типоморфных особенностей рудопроявлений золоторудных формаций с историей геолого-тектонического развития и магмо-металлогенического облика структурно-формационных зон и типом Земной коры в этих зонах.

Для каждой зоны характерно проявление определенной золоторудной формации или минерального типа. Так в Зарафшано-Алайской зоне, рассматриваемой как зона с сиалическим профилем металлогении (W, Mo, Sn), развиты кварц-пирит-арсенопирит-шеелит-золоторудный, кварц-пирит-халькопирит-золоторудный минеральные типы. Причем, кварц-сульфидно-золоторудная формация, к которой они относятся тесно ассоциируют с шеелитовым оруденением скарнового и гидротермального типа образуя с ним на наш взгляд единый ряд рудных формаций. Эти рудные формации приурочены к зонам экзо- и удаленных контактов гранит-адамеллитовых и диорит-гранодиоритовых массивов (С₃-Р₁) коллизионного этапа развития.

В геолого-генетической модели комплексного золото-вольфрамового оруденения [2] этой СФЗ выделены восемь геолого-структурных позиций, в которых локализуется оруденение. Эти позиции выражают реализацию литолого-стратиграфических, структурных и магматогенных факторов размещения оруденения в пространстве и во времени.

В Гиссарской сидерофильно-халькофильно-литофильной, миогеоантиклинальной зоне, активизационные магматические образования которой принадлежат Бухаро-Южногиссарскому вулcano-плутоническому поясу, золоторудные проявления размещаются в Каратаг-Рамитской подзоне. В этой подзоне, где преобладает вулcano-плутоническая фация магматизма, золоторудные проявления представлены медно-колчеданной формацией связанной с ареалами распространения образований кератофир-спилит-диабазового, дацит-андезитового комплексов на границе каледонского и герцинского циклов и молибден-медно-порфировой связанной с ареалами распространения тоналитов, сиенито-диоритов и плутоническими аналогами андезитового комплекса (С₁₋₂).

В сидерофильно-литофильно-халькофильной зоне Южно-Гиссарского глубинного разлома, с преобладанием плутоно-вулканической фации магматизма, главным образом развиты кварц-золоторудная и кварц-сульфидно-золоторудная формации. Последняя представлена кварц-полисульфидно-золоторудным минеральным типом. В зоне Мачетлинского интрузива можно выделить ряд рудных формаций которые на наш взгляд являются генетически

родственными. По степени удаленности от интрузивного массива они располагаются в следующем порядке: кварц-редкометальная (Mo, Sn); кварц-золоторудная (Шаргунь Северный); кварц-сульфидно-золоторудная (Джемсонитовое, Яхтаг); кварц-полиметаллическая (Каракан). А в западной части подзоны золото встречается в виде примеси в медно-цинково-колчеданной и колчеданно-полиметаллической формациях.

В Кугитанг-Байсунской литофильно-халькофильно-сидерофильной зоне, являющейся фрагментом краевого массива частично переработанного процессами герцинской тектон-магмо-металлогенической активизации с образованием кольцевых вулканических структур, наиболее примечательным является золотоносность колчеданно-полиметаллических месторождений (Хандиза, Чинарсай, Южный Карасан, Харкуш). Кроме того, в зоне встречаются многочисленные мелкие проявления кварц-сульфидно-золоторудной формации и сидерит-золоторудная формация (Янгаклык).

Деление Гиссарского региона на структурно-формационные зоны, подзоны и блоки системой разноориентированных глубинных разломов является одной из основных причин, обуславливающих возникновение и закономерные изменения рядов осадочных и осадочно-вулканогенных формаций, которые во многом определяют формирование и строение структурных ярусов.

Несомненным своеобразием обстановок отмечались узлы пересечения разноориентированных глубинных разломов. Именно к таким пересечениям приурочены изученные нами рудопрооявления и рудные поля.

Золоторудные проявления обнаруживают определенную избирательность при размещении в структурных этажах, ярусах и формационных комплексах.

Так, объекты группы рудных формаций, связанных с плутонической фацией магматизма тяготеют в основном к каледонскому структурному этажу, а в его рамках размещены в образованиях верхнекембрийско-нижнесилурийского и верхнесилурийско-среднедевонского структурных ярусов. Эти структурно-формационные подразделения представлены карбонатно-терригенной и карбонатной формациями.

Объекты, ассоциированные с вулcano-плутонической фацией магматизма, контролируются краевой частью субгеосинклинальной зоны – южным обрамлением Бухаро-Гиссарского вулcano-плутонического пояса. Вещественное выражение этого обрамления – спилит-кератофир-диабазовая и базальт-андезит-дацит-липаритовая формация в составе верхнедевонского-нижнекарбонового и ниже-среднекарбонового структурных ярусов.

Семейство колчеданных рудных формаций, соответствующее вулканической фации магматизма, отчетливо ассоциирует: медно-колчеданная и медно-цинково-колчеданная формации с породами базальт-андезит-липаритовой (реконструкция) формации в составе метаморфических образований докембрийского (нижнепалеозойского?) структурного этажа; колчеданно-полиметаллическая формация с породами дацит-андезит-липаритовой формации ниже-среднекарбонового структурного яруса.

Группа амагматических (телетермальных) рудопрооявлений гидротермального типа отчетливо избирает для размещения покровные формации киммерийско-альпийского структурного этажа. Генезис молодого золотого оруденения в мезозойских отложениях (Гаурдакская, Карабильская, Альмурадская, Кызылташская, Окузбулакская и Калигрекская свиты) Яккабагских гор считается стратиформным полигенным (кластогенно-аутигенно-телетермальным) [3].

Литература

1. Шаталов Е.Т. и др. Металлогенический анализ рудоконтролирующих факторов в рудных районах. – М. : Недра, 1972. – 295 с.
2. Mirusmanov M.A. Geologic-genetic model of complex gold-wolfram ore body of Chakilalyan mountains northern bank // European Applied Sciences. – March, 2015, (3). – P. 6-8.
3. Мирусманов М.А. Минералого-геохимические особенности золотого оруденения нетрадиционного типа в меловых отложениях Южного Узбекистана // Геология и минеральные ресурсы : научно-практический журнал. – 2005. – № 4. – С. 31-38.

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГРАНАТОВЫХ РУД ПРОЯВЛЕНИЯ «ВЫСОТА-181» МЕТАМОРФОГЕННО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ И МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ

Никифоров А.Г.

eoaster@yandex.ru, Федеральное государственное унитарное предприятие
Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

Проявление «Высота-181» относится к Хизоваарской структуре Северо-Восточного зеленокаменного пояса (2,8-2,78 млрд лет) [4]. В строении его участвуют породы вулканогенно-осадочного и вулканического происхождения, претерпевшие сложные процессы термодинамометаморфизма (последний этап свекофенского периода ~1,8 млрд лет) и сопутствующее им кислотное выщелачивание. В пределах проявления выделяются комплексы гранатовых и безгранатовых амфиболитов (метавулканииты), амфибол-биотитовые сланцы (в том числе метаандезиты [1]) и Grt-Bt гнейсы, представляющие собой глубоко метаморфизованные высокоглиноземистые осадки. Активный региональный метасоматоз кислотных фаций формирует в Grt-Bt гнейсах полиминеральные метасоматические породы и кварциты [2], благодаря чему данные породы представляют основной интерес в плане выделения комплексных руд промышленных минералов (Grt, Ky, St, Ms, Qtz). Основная рудная залежь представляет собой линзу интенсивно метасоматизированных Grt-Bt гнейсов. Апогнейсовые метасоматиты представлены Grt-Bt-St-Ky-Qtz ассоциациями, Ky, Grt, Ms кварцитами. Линза вытянута (1200x250 м.), субширотного простирания, в основном ярко выражена в рельефе и хорошо обнажена. Признаками развития метасоматических процессов служат: метасоматическая зональность, стадийность образования минералов, секущие контакты метасоматических структур по отношению к метаморфическим, скелетные Grt и St. Метасоматическая зональность проявлена повсеместно, в основном на границах Grt-Bt гнейсов с амфиболитами и метаандезитами, в зонах активной синметаморфической милонитизации. Основным промышленным минералом проявления является гранат-альмандин [3], но в метасоматитах он часто находится в ассоциации с кианитом, ставролитом, мусковитом и кварцем. Метасоматическая колонка для Grt-Bt гнейсов приведена ниже. Следует отметить, что состав метасоматических зон не всегда подчиняется правилу фаз, что может быть объяснено активным процессом переотложения компонентов, особенно Fe-Mg составляющей.

Φ=Ki	Инертные компоненты
0. Grt+Bt+Pl(~66)+Qtz Неизмененные Grt-Bt гнейсы	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO, CaO, MgO, Na ₂ O
I. Grt+St+Bt+Ms+Pl+Qtz (дифференциация на Bt (Ia) и St (Ib) полосы и линзы).	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO, CaO, MgO
IIa. Grt+St+Pl+Qtz IIb. Grt+Bt+Ms+Pl+Qtz+Ky	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO, CaO MgO↑↓
IIIa. Grt+St+Ky+Qtz IIIb. Grt+Bt+Ms+Ky+Qtz	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO Na ₂ O MgO↑↓
IVa. Grt+Ky+Qtz IVb. Grt+Ms+Ky+Qtz	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ Na ₂ O FeO MgO↑↓
Va. Grt+Qtz Vb. Grt+Ky+Qtz Vc. Grt+Ms+Qtz	SiO ₂ Na ₂ O FeO MgO↑↓

Вышеприведенным метасоматическим зонам соответствуют технологические типы пород разного состава, являющиеся перспективными рудами промышленных минералов. Ниже приведена таблица минералогических анализов малых технологических проб для различных участков рудной залежи. Содержание кианита в полном соответствии со схемой кислотного выщелачивания коррелирует с метасоматическими зонами. Содержание прочих промышленных минералов подчиняются сложным закономерностям.

Состав метасоматитов	Зональность	Grt %	St %	Qtz %	Pl %	Ms %	Bt %	Ky %
Grt-Qtz-Ky-Pl	IVa	15,6	0	47,5	8	2,1	1,5	23
Grt-Qtz-Ky	IVa	13,4	1,2	46,8	4,2	1,9	0,3	30
Grt-Qtz-Ky-St	IIIa	35,5	13	31,7	0,2	0,5	0,1	14,4
Grt-Qtz-Ky-Ms-Pl	IIb	11,6	0,8	45,8	9	9,8	4,2	16,5
Grt-Qtz-Ky-Bt-Pl	Ib	29,7	4,3	37,2	6,1	2,1	6,6	11,8
Grt-Qtz-Pl-Bt	0	20,69	1,03	50	21,12	0,03	5,53	0
Grt-Qtz-Pl-Ky	IIa	22,86	1,95	43,84	12,74	3,77	1,82	11,46
Grt-Qtz-Ky-St	IIIa	21,94	5,16	51,09	0	3,05	0,1	17,19
Grt-Qtz	Va	58,53	0,13	26,67	4,96	0,93	0	1,88
Grt-Qtz-Bt	IIb	12,53	0	46,47	0,36	0,08	39,9	0,1
Grt-Qtz-Ms-Ky	IVb	9,02	0,43	40,27	0	24,83	3,82	20,6
Ms-Qtz-Ky	Vc	7,26	2,4	17,25	1,3	58,06	0,43	10,7
Qtz-Ms-Ky	Vc	3,25	0,86	51,48	0	28,8	4,8	10,47
Grt-Qtz-Bt	IIIb	11,04	0,8	61,92	0	0,5	15,74	8,6

Гранат формируется в каждой метасоматической зоне, что связано с процессами пе-реотложения Fe-Mg метасоматоза. Химический состав граната при этом меняется в сторону изоморфного ряда алмадина-пирита. Магнезиальность граната повышается в новообра-зованных кристаллах, а железистость снижается. В гранатах тыловых зон железистость по-вышается вновь при резком снижении содержания MgO.

Результаты исследования показывают, что метасоматические процессы формируют несколько типов комплексных руд с различными ассоциациями промышленных минералов (Grt, Ky, St, Ms, Qtz). Пространственно-генетическая связь зон метасоматоза и типов руд позволяет говорить о совокупности рудоконтролирующих факторов, главным из которых является кислотное выщелачивание.

Работа выполнена по теме 0222-2014-0005 фундаментальных научных исследований

Литература

1. Бибикова Е.В., Самсонов А.В., Щипанский А.А., Грачева Т.В., Макаров В.А. Хи-зоваарская структура Северо-Карельского зеленокаменного пояса как аккретированная островная дуга позднего архея: изотопно-геохронологические и петрологические данные. Петрология 2003. Т. 11. № 3. С. 289-320
2. Бушмин С. А. Метасоматиты месторождения Хизоваара (Северная Карелия) // Изв. АН СССР. Сер. Геол., 1978. №7.
3. Гранатовые руды Карелии / В.В. Щипцов, Т.П. Бубнова, Л.С. Скамницкая и др. Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2009.
4. Слабунов А. И. Геология и геодинамика архейских подвижных поясов на примере Беломорской провинции Фенноскандинавского щита. Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2008.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ БОЛЬШЕОБЪЕМНЫХ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОНАХ ЗАПАДНОЙ ЧУКОТКИ

Николаев Ю.Н.

nikolaev@geol.msu.ru, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Для решения задач по повышению эффективности выявления и оценки большеобъемных благороднометалльных объектов были обобщены результаты геологических наблюдений и геохимических съемок в основных золоторудных районах Западной Чукотки. К указанной категории отнесены объекты золото-медно-порфировой, золото-порфировой золото-кварцевой и золото-серебряной формаций, а также новая для складчатых зон Чукотки золото-серебро-сульфоантимонидная эпитеpмальная минерализация в карбонатных породах. Все указанные типы в структурно-морфологическом отношении представлены жильно-прожилковыми зонами, линейными и изометричными штокверками, зонами березитов, кварц-серицитовых и кварц-карбонатных метасоматитов.

Проведенная оценка более 30 аномальных геохимических полей в Анюйской, Южно-Анюйской, Олойской СФЗ и Чукотском сегменте ОЧВП позволяет определить состав, основные закономерности строения и параметры геохимических аномалий большеобъемных благороднометалльных объектов и их промышленные перспективы.

При отсутствии затруднений в выявлении таких объектов геохимическими съемками по потокам и вторичным ореолам рассеяния главной проблемой является разработка критериев оценки их промышленных перспектив на ранних стадиях поисковых работ.

Отличительной чертой собственно золоторудных и комплексных объектов рассматриваемых структурно-морфологических типов являются значительные объемы рудной массы и большие площади выходов минерализации на поверхность при невысоких содержаниях ценных компонентов. В результате процессов гипергенеза формируются обширные аномальные геохимические поля рассеяния главных и сопутствующих рудных элементов, которые характеризуются высокой площадной продуктивностью вторичных ореолов: золота – $n \cdot 10 - n \cdot 100 \text{ м}^2\%$, серебра – $n \cdot 10^2 - n \cdot 10^3 \text{ м}^2\%$.

С точки зрения теории золотоносные прожилковые и жильно-прожилковые зоны, штокверки относятся к категории «мощных» рудных тел (Р.И. Дубов, 1974). Содержание металла в формирующемся над «мощным» рудным телом вторичном ореоле (C_{\max}), согласно уравнению, прямо пропорционально содержанию в коренном оруденении (C_p).

В идеальном остаточном ореоле «мощного» рудного тела C_{\max} очень мало отличается от C_p . Использование теоретически обоснованной пропорциональной зависимости между двумя этими параметрами, с учетом местных значений коэффициента остаточной продуктивности k , дает возможность производить расчеты ожидаемых содержаний в коренном оруденении по формуле: $C_p = C_{\max}/k$. При значениях $k \approx 1$, характерных для золота в условиях расчлененного рельефа Чукотки, $C_p \approx C_{\max}$ в остаточном ореоле рассеяния.

Результаты оценок по вторичным ореолам большеобъемных объектов благороднометалльной минерализации показывают, что коэффициенты соответствия разведанных запасов геохимическим ресурсам колеблются от $\alpha = 0,5-0,6$ до $\alpha = 0,2-0,3$ и очень сильно зависят от принимаемого бортового содержания. Численные значения эмпирического показателя α дают возможность более объективно оценивать перспективность объектов.

В Анюйской металлогенической зоне основным промышленным типом оруденения являются жильные объекты золото-кварцевой формации, послужившие источниками крупнейших россыпных месторождений. В известных рудно-россыпных узлах (Кэпервеевском, Алискеровском) наряду с жильными объектами присутствует зоны жильно-прожилковой минерализации. При геохимических поисках они выявляются по вторичным ореолам Au, As, W. Состав вторичных ореолов жильного и прожилкового (штокверкового) оруденения идентичен. В гипергенном поле прожилковому золото-кварцевому оруденению соответствует

изометричная форма вторичных ореолов золота площадью 0,1-0,3 км². Содержания золота в обогащенных частях ореолов 0,1-1 г/т, площадная продуктивность – 10-30 м²%. При указанных параметрах ожидаемый уровень содержания золота в потенциальных рудных телах 1-2 г/т, прогнозные ресурсы объектов – от 2-3 т до 10-20 т.

В Олойской металлогенической зоне перспективы выявления большеобъемных месторождений с благороднометалльной минерализацией связаны с медно-порфировой и золото-серебряной формациями.

Золото-медно-молибден-порфиновые штокверковые месторождения как объекты для попутного извлечения благородных металлов имеют высокие перспективы. При низких содержаниях благородных металлов (Au – 0.1-0.5 г/т, Ag – 1-5 г/т) обладают запасами в сотни тонн золота и тысячи тонн серебра. Основные ресурсы золота медно-порфировых месторождений сосредоточены в Баимской меднорудной зоне (БМЗ). По результатам геохимических съемок по вторичным ореолам ядерные части АГХП площадью 0,6-1 км², соответствующие Cu-Мо-Au-порфиrowым штокверкам, выделяются в контуре содержаний Cu > 0,03%, Mo > 0,003% и Au > 0,1 г/т.

В порфиrowо-эпитермальных системах БМЗ в тесной ассоциации с медными штокверками в той или иной степени развита эпитермальная Au-Ag минерализация жильно-прожилкового типа. Она проявляется в высокоинтенсивных вторичных ореолах Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Mn – прямых индикаторов эпитермального оруденения. Площадная продуктивность и содержания Au (P = 30-50 м²%, C_{ор} = 0,1-0,2 г/т) в ореолах над жильно-прожилковым зонами выше, чем над Cu-Мо-Au-порфиrowыми штокверками (P = 4-16 м²%, C_p 0,03-0,1 г/т), еще одним признаком является слабое развитие ореолов меди и их невысокая интенсивность.

Золото-серебряные жильно-прожилковые зоны, ассоциирующие с медно-молибден-порфиrowыми месторождениями Олойской зоны имеют высокие перспективы вовлечения в промышленную отработку в связи с намечающимся освоением медных объектов. При ожидаемых содержаниях благородных металлов в рудных зонах: Au – 1-5 г/т, Ag – 50-200 г/т прогнозные ресурсы таких объектов оцениваются 30-100 тонн золота (и более) и несколько тысяч тонн серебра (Весеннее, Туманное и др.).

В слабо эродированных вулканоструктурах Олойской СФЗ (Мангазейская, Верхне-Кричальская и др.) наблюдается сочетание Мо-Au±Cu-порфиrowого с эпитермальным Au-Ag убогосульфидным и Au-Ag-Pb-Zn умеренносульфидным оруденением. Геохимические поля таких систем характеризуются сочетанием изометричных аномалий Мо-Cu-Au±W±В на порфиrowыми штокверками с касательными к ним (или секущими) линейными аномалиями Au ± Ag, Pb, Zn эпитермальных жильно-прожилковых зон. Параметры аномальных зон: протяжененность – до 5 км, мощность до – 1 км. Содержание Au во вторичных ореолах крайне неравномерно (0,01-1 г/т), продуктивность – 5-10 м²%. Ожидаемое содержание золота в жильно-прожилковых зонах – 1-2 г/т, прогнозные ресурсы 5-10 т.

Золото-серебряные прожилково-вкрапленные руды в карбонатно-терригенных толщах Алярмаутского поднятия Анюйской СФЗ относятся к новому перспективному типу большеобъемного оруденения. В составе вторичных ореолов главными элементами являются Au и Ag, сопутствующими – Pb, Zn, Cu, Mo, As, Sb,. Интенсивные и протяженные вторичные ореолы серебра прослеживаются на расстояние до 10 км, при ширине зоны около 5 км. Ядерные части аномалий с содержанием Ag более 5 г/т имеет протяжененность 1 км, при ширине 0,2-0,5 км. Максимальная концентрация Ag в ореолах составляет 5-10 г/т. Au – 0,01-0,1 г/т (до 0,8 г/т). Площадная продуктивность вторичных ореолов золота – 15-35 м²%, серебра – 5-10 тыс. м²%. При ожидаемых содержаниях благородных металлов (Au – 2-3 г/т, Ag – 100-500 г/т) суммарные прогнозные ресурсы оцененных проявлений: золота – до 100 тонн, серебра – до 10000 тонн. По условиям залегания могут отрабатываться открытым способом, золото свободное, условия обогатимости предположительно средние.

Серебро-золотые жильно-прожилковые, прожилковые и вкрапленные руды ОЧВП имеют невысокие перспективы вовлечения в промышленную отработку в ближайшее время из-за отдаленности и отсутствия инфраструктуры. При содержаниях в рудах Au – 0,5 г/т, Ag – 200-650 г/т они обладают ресурсами до десяти тонн золота и первые тысячи тонн серебра.

ОСАДОЧНО-ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОКРЕМНИСТЫХ И ЗОЛОТОУРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Оникиенко Л.Д., Верчеба А.А.

aa_ver@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Минералого-петрографическое изучение образцов сульфидизированных обломочных пород, вскрытых карьером Лебединского месторождения КМА и образцов Витватерсранда из коллекции кафедры геологии месторождений полезных ископаемых, показало общие типоморфные особенности рудовмещающих пород Витватерсранд, месторождений железистых кварцитов и месторождений архейских зеленокаменных поясов. Перспективными золотоносными образованиями являются и железные руды Курской магнитной аномалии в обрамлении Воронежского кристаллического массива (ВКМ).

В руде месторождений золото тонкое, с высокой концентрацией ртути. Например, особенностью строения стойленской свиты курской серии КМА является присутствие линз кремнистых обломочных пород, содержащих сульфидную минерализацию, а также золото и уран. В сульфидизированных прослоях ряд элементов достигает высоких содержаний: золота до 32 г/т, серебра до 100 г/т, урана до 0,35%, циркония до 6%, титана до 6%, сурьмы и селена до 100 г/т [1].

Новые данные позволили предположить гидротермально-осадочную модель образования золотоносных кремнистых обломочных пород. Прежде всего, отмечается тесная пространственно-временную связь железокремнистого и уран-золото-кремнистого оруденения в районах Витватерсранд и ВКМ. В каждом из регионов, установлена приуроченность этих двух разных типов оруденения к двум свитам курской серии раннего протерозоя в районе ВКМ и, соответственно, к двум отделам системы Витватерсранд района Трансваальского кратона.

Прослои вулканических пород в системе Витватерсранд, представленные лавами и пирокластическим материалом, встречаются на границе отложений нижнего и верхнего отделов системы Витватерсранд. Особенностью отложений является присутствие в слагающих ее кварцитах обломков вулканических пород, иногда составляющих до 40% вмещающей кремнистой массы, а также слоёв миндалекаменных лав, их туфов и пирокластических образований кислого состава. На контакте с этими отложениями залегают прослои и линзы золотосодержащих обломочных кремнистых пород (риффы): Карбон-Лидер, Мейн-Риф и др. Вулканогенные породы по химическому составу практически не отличаются от пород зеленокаменных поясов, к которым в мире приурочены золоторудные месторождения гиганты.

Общим в строении кремнистых и железокремнистых обломочных пород двух районов также оказалось присутствие вулканогенно-осадочного материала, в котором наряду с «гальками» белого кварца, установлено наличие своеобразных кремнистых обособлений, имеющих голубой или голубовато-серый цвет, монокристалльное внутреннее строение и овальную форму [2]. Минералого-петрографическое изучение кремнистых обломочных пород позволило установить миндалекаменную природу описываемых образований. Присутствие таких кварцевых обособлений связано с взрывными процессами разрушения подстилающих рудные слои вулканитов, несущих в своем составе две разновидности кварца – фенокристаллы белого цвета и обособления в виде миндалин голубоватой окраски.

Отличительной особенностью таких «галек» является их опалесценция. Исследователи, изучавшие докембрийские обломочные породы, отмечали, что чем больше монокристалльных «галек» голубого кварца присутствует в конгломератах Ранда, тем выше в них содержание золота [6].

Полученные в последние годы новые данные о строении кварцевых галькоподобных образований и о так называемой пиритовой «картечи», позволили сделать вывод об их образовании в мощных газовой-гидротермальных рудоносных потоках, поступающих из недр Земли одновременно с формированием конгломератов [3, 4].

Это подтверждается и наличием в центральных частях кварцевых галькоподобных обособленных выделений золота и пирита. Изучение состава пиритовых образований округлой формы показало повышенные содержания в них ртути (до 5,9%) и кобальта. Изотопный состав серы из пиритов тоже свидетельствует о мантийной природе рудоносных гидротермальных растворов.

Установлено, что в многих золотоносных провинциях древних платформ, проявление золотой минерализации увязано с эволюцией накопления железокремнистых пород в истории Земли [5]. Ранние эксгальционно-осадочные концентрации железа были образованы в вулканических зонах акватории океанических палеобассейнов. Закономерная смена в зеленокаменных поясах основного вулканизма кальциево-щелочным сопровождалась накоплением золота из-за изменения геодинамических обстановок растяжения микроконтинентов на сжатие. На этом этапе в остаточных прогибах могли образоваться золотоносные кремнисто-железистые породы.

Выше приведенные данные о происхождении железных руд впадины Витватерсранд также говорят о вулканогенно-гидротермально-осадочном происхождении таких образований.

Сделанное сопоставление позволяет, по мнению авторов, говорить не только о пространственно-временной, но и о пространственно-генетической связи двух типов стратифицированных образований – железокремнистых и уран-золото-кремнистых.

Согласно результатам проведенных исследований, происхождение металлоносных обломочных пород обрамления ВКМ в отличие от традиционных представлений о первично-россыпном генезисе рудоносных конгломератов, авторы рассматривают как продукты взрывной поствулканической газо-гидротермальной деятельности, связанной с проявлениями вулканизма позднеархейского и раннепротерозойского времени.

Изложенные выше фактические данные, характеризующие проявления вулканизма в период формирования пород депрессии Витватерсранд, говорят, по мнению авторов, о важной роли вулканических и поствулканических процессов как в образовании самих обломочных пород, так и в их насыщенности рудообразующими компонентами.

Литература

1. Кушнеренко В.К. Докембрийские металлоносные конгломераты КМА. Воронежский кристаллический массив // Информационный сборник : мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. Выпуск 157. Москва, 2011. – С. 117-121.
2. Оникиенко Л.Д., Юганов С.С., Захаров Д.О., Иванов М.А. Геология, минералогия и условия образования «оскольских» золотоносных конгломератов КМА // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 12. – С. 3-7.
3. Портнов А.М. О возможном гипогенном происхождении конгломератов Витватерсранда // Докл. АН. – 1978. – Т. 239. – № 3. – С. 664-667.
4. Портнов А.М. Глубинные золотоносные реки Земли // Наука и жизнь. – 2000. – №12. – С. 56-59.
5. Старостин В.И. Металлогения. – М. : Изд-во КДУ, 2012. – 560 с.
6. Царев Д.И. Металлоносные псевдоконгломераты Витватерсранда // Руды и металлы. – 2000. – № 3. – С. 70-82.

О ФАКТОРАХ РУДОЛОКАЛИЗАЦИИ РТУТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ – КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Разиков О.Т., Мирходжаев Б.И., Усманиев Э.А.

mirvosit@mail.ru, Ташкентский государственный технический университет,
Ташкент, Узбекистан

Интенсивное развитие геологоразведочных работ в Узбекистане, а также большой объем поступающей геологической информации, создали возможность изучения условий образования и закономерностей размещения месторождений различных полезных ископаемых с учетом их связи с этапами геологического формирования участков земной коры.

Геолого-промышленные типы малых цветных металлов (Hg, Sb, Bi) по минералогическим критериям и по причине приповерхностных условий формирования, их сырьевая база, в частности ртути, имеет четко выраженную тенденцию к сокращению.

Ртутные месторождения кварц-диккитного типа связаны с зонами окварцевания и диккитизации в толщах песчаников и сланцев, нередко эффузивов [1, 7].

Киноварь в ассоциации с диккитом, кварцем и железистыми карбонатами, цементируют обломки брекчий и отмечается вдоль трещин в виде прожилков, а также образует зоны рассеяния вкрапленности в слабо дислоцированных породах. Главный жильный минерал диккит слагает прожилки мощностью до многих сантиметров. Киноварь же, образует согласные и секущие тела, а также жилы и гнезда в диккитизированных и пиритизированных известняках и сланцах, а также в кровле пачки известняков, флексурно изогнутой и срезанной разломом (Мыкское месторождение). Рудовмещающие известняки интенсивно осветлены и на расстоянии первых метров от кровли известняков, в надрудных сланцах, вблизи оторочки «очерненных» пород выявлены прожилки и гнезда молочно-белого диккита.

Объекты существенно диккитового типа имеют протяженную на глубину зону аргиллизации в сланцах, контролирующиеся тектоническими нарушениями. Некоторые объекты приурочены к толще мергелистых глин вблизи рудоподводящих разломов.

Из гипербазитов в процессе их серпентинизации, выносятся кальций, магний и железо, извлекающих сланцев – кремнезем. В результате в зоне контакта формируются тела листовенитовых пород кварц – карбонатного состава (Чонкой, Сарыташ).

Здесь можно выделить магматогенный поисковый признак, когда рудоконтролирующие факторы в массе ультраосновных пород практически не вскрыты эрозией, т.е. сохранилась благоприятная для рудолокализующей его апикальная часть.

Ведущим квалификационным признаком эндогенных месторождений ртути, по мнению В.П. Федорчука [1, 2], является характер околорудных изменений – рудолокализующие метасоматиты (кварциты, джаспероиды, аргиллизиты и др.), по которым выделяются геолого-промышленные типы.

Современная изученность геологии Южного Тянь-Шаня позволяет составить схему распределения различных типов разреза среднего палеозоя (западная и восточная части Южно-Ферганского пояса), которая в совокупности с тектонической схемой служит основой для составления прогнозных карт различных категорий.

Для Южного Тянь-Шаня, в целом, характерен карбонатный ГПТ амагматогенных ртутных месторождений в восточной части Южно-Ферганской зоны – Сымап (в измененных доломитах) и Бирксу (в известняках), при наличии экранирующей поверхности для джаспероидного и контактовой – листовенитового типа.

Благоприятные условия для ртутной оруденения, как отмечалось выше в качестве структурного фактора являются краевые разломы, разделяющие средне и верхнепалеозойские тектонические зоны и области сочленения средне – и верхнегерцинских складчатых зон (Карасу).

Площади восточной части Каратюбе и западного продолжения гор Мальгузар и Чакыл-Калана являются связующим звеном между восточной частью Южно-Ферганского Hg

и Sb зоны (северной ветви Южного Тянь-Шаньского ртутного пояса) и, ещё недостаточно изученным, ее западным продолжением на территории Республики Узбекистан, структурно-фациальных зон (горы Мальгузор и дальше). Выделены Зерафшано-Туркестанская, Ауминза-Бельтауская и Тамдытауская подзоны. Под зоной высоких предгорий Алая – прослеживается ртутно-сурьмяная на западе к Санзарской долины к горам Нуратау [4, 5, 8].

Выделение рудоносных зон Южного Тянь-Шаня (западной части):

1. Букантауская ртутная зона (условно). Предполагается наличие киноварной минерализованной прожилки «Тубаберген», в коренных породах одноименной эффузивной свиты нижнего карбона (магматогенный фактор).

На площади отмечена и исследована складчатая структура – Кокпатаская антиклиналь I порядка, к крыльям которой приурочен золоторудный объект Южный (терригенные породы Кокпатаской свиты). Интересен факт наличия сурьмяной минерализации (участок Антимонитовый), приуроченной к ядерной (известковой) части складки, т.е. остатки корневых частей рудопоявления по причине эродированности [6].

2. Кульжуктау-Тамдытауская зона. Здесь предполагается наличие согласных залежей киновари под сланцевым экраном (карбонатный тип);

3. Зирабулак-Кошрабадская зона контролируется структурой II порядка и подчиненными структурами III порядка в Зирабулакских и Северо-Нуратинских горах;

4. Джам-Койташская зона на Асмансайском (Акмамбет) проявлении развиты силурийские сланцы, а также туфоконгломераты и диабазовые порфириды. Киноварь наблюдается в кальцитовых прожилках, зонах дробления диабазных порфиров;

5. Восточно-Нуратинская зона – ртутное проявление Арватен, площадь которого сложена хлоритизированными сланцами верхнего силура;

6. Магинская ртутно-сурьмяная зона (западный фланг) – Мальгузарский рудный узел с ртутной минерализацией, которая локализуется в секущих трещинах в известняках [3].

Разумеется, при обобщении критериев прогноза телетермального оруденения на территории Республики Узбекистан – на западном продолжении известных поясов, следует опираться на комплекс факторов рудолокализации и, в частности, на геохимические, а также магматогенные их составляющие как поисковых критериев на флангах (глубину) известных и новых, площадях. Однако вопрос о магматогенных факторах локализации ртути в пределах республики Узбекистан, на наш взгляд, еще открыт.

Литература

1. Федорчук В.П. Справочник по сурьме и ртути. – М. : Недра, 1985.
2. Федорчук В.П. Геология ртути. – М. : Недра, 1983.
3. Финкельштейн Ю.В. Геологические закономерности размещения ртутного оруденения в западной части Туркестанского хребта и Мальгузарских горах. автореф. дисс. канд. г.-м. наук. – Ташкент, 1968.
4. Поршняков Г.С. Герциниды Алая и Южного Тянь-Шаня. – М. : Недра, 1973.
5. Исанов Р.Р. Ртутно-сурьмяное оруденение Средней Азии. – Ташкент : Фан, 1985.
6. Рудные месторождения Узбекистан / под ред. Н.А. Ахмедова. – Ташкент : ИМР, 2001.
7. Никифоров Н.А. Ртутно-сурьмяное оруденение Южного Тянь-Шаня. – Фрунзе : Илм, 1969.
8. Мирходжаев Б.И. и др. К вопросу перспектив обнаружения ртутных месторождений по территории Республики Узбекистан. Материалы научно-технической конференции. Ташкент : ТашГосТУ, 2013.

РУДОНОСНОСТЬ МАГМАТИЧЕСКИХ И ОСАДОЧНО-МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

Разиков О.Т., Мирходжаев Б.И., Усманиев Э.А.

mirvosit@mail.ru, Ташкентский государственный технический университет,
Ташкент, Узбекистан

В настоящее время Западно-Узбекистанский регион рассматривается как один из наиболее перспективных на золото, серебро, вольфрам, олово, ртуть, сурьма, свинец-цинк, уран, редкометальные и др. полезные ископаемые Среднеазиатской рудной провинции. По результатам работ большого коллектива геологов – производственных и научных учреждений разведан ряд месторождений и рудопроявления: пегматитово-редкометальные (Кетменчи, Зирабулок, Кутчи); пегматитово-кварцево-полевошпатовые (Мулла-Бурхан, Кыз-Курган и др.); грейзеново-редкометальные (Сулу-Кыз, Тадыкная, Курай, Кара-мечет, Беркут); скарново-редкометальные (Ингичка, Лянгар, Койташ, Яхтон, Каратюбе, Сарутау, Саутбай, Дарай-тут, Учмулла, Майзак, Ярмакчи, Гульджан, Тым, Мулла-Бурхан, Бузгулгряда, Чуюн); скарново-олово-полиметаллические (Кыз-Курган); скарново-свинцово-сурьмяные (Кальтасай); гидротермально-золоторудно-метасоматические (Мурунтау, Кокпатас, Тиллятаг, Дилан, Коракутан, Гранитная, Янги Давон, Пистали, Ажибугут и др.); гидротермально-оловорудные (Кочкарлы, Лапас, Карнаб, Кармана, Чангаллы, Девонасай, Кальта, Темиркан, Джилансай, Гаулинское, Каракудук, Сукайти, Чайдароз, Тутак, Алтын-Казган); гидротермально-меднометальные (Мискан, Аткамарсай); гидротермально-ртутные (Казан-булак, Алтыаул, Восток-I и II, Участок-I, Курганча, Джилга, Карасу (Мальгузар), Кушкумбай (Тамдытау), Юбилейное-1 (Кульджуктау), Тумшук, Джалгиз (Бельтау) и др.).

Магматические породы Нуратинских гор представлены лейкократовыми гранитами (Койташский интрузив), возраст их S_3-P_1 . Основная часть массива (90% площади) сложена роговообманково-биотитовыми, амаелит-гранодиоритами. Из жильных пород аплиты, дайки, кварцево-диоритовых порфиринов, гранит-порфиры.

Зиаэтдин-Зирабулакский и Каратюбинский интрузивы площадью 850 км² представлены диаритами, порфиритами, гранодиоритами и лейкократовыми гранитами.

Серпентиниты приурочены к Зирабулак-Кульджуктаускому поясу основных и ультраосновных пород.

Аристантауский интрузив, площадь 80 км², возраст (P_1), состоит из биотитовых гранитов.

Вопросы геологии, условия образования и закономерности размещения оруденения в разное время освещались многими исследователями. Поэтому в статье охарактеризованы лишь генетические типы и условия локализации оруденения на примере отдельных месторождений и рудопроявлений.

Среди известных рудных проявлений региона практический интерес представляют золоторудные, вольфрамовые, оловорудные, ртутные, сурьмяные и редкометальные объекты для геологоразведочных работ.

Вольфрамовая минерализация. Промышленные вольфрамовые месторождения сосредоточены в пределах Западного Узбекистана (Ингичка, Лянгар, Койташ, Яхтон, Каратюбе и др.), из которых многие полностью или частично отработаны. В пределах описываемого района значительные скопления вольфрамового оруденения сконцентрированы в скарновых зонах связано со скарнообразованием.

Скарново-рудные месторождения и рудопроявления представлены известковыми и, в незначительном количестве, магнезиальными формациями.

Известковые скарновые формации по составу представлены пироксеновыми (геденбергер), пироксен-гранатовыми (гроссуляр-андратит) и пироксен-гранат-волластанитовыми минеральными типами, размещающимися на контакте гранитоидов и мраморов. Наиболее мощное развитие шеелитоносные скарны получили в районах Зирабулак-

Зиаэтдинскихских, Чакилкалянских, Каратюбинских, Нуратинских, Букантауских, Аристантауских и Кульджуктауских гор, где разведано более десятка промышленных вольфрамовых месторождений.

Все скарновые тела района пространственно тесно связаны с гранитоидными интрузиями верхнего карбона – нижней перми (C_3-P_1) и локализуются, либо в непосредственном их контакте с карбонатными вмещающими породами, или в зоне экзоконтакта.

Наиболее благоприятной средой для образования шеелитоносных скарнов являются известняки и в частности, доломитовые известняки.

В формировании, скарновых тел следует различать два типа структур: рудовмещающие структуры, с которыми непосредственно связано размещение скарнов и рудоподводящие вдоль которых рудоносные растворы поступали из очагов их зарождения к местам локализации.

Таким образом, формирование шеелитоносных скарнов определяется сочетаниями магматических, литологических и структурных факторов, а также особенностями вмещающих пород в локализации оруденения.

Оловянная минерализация. В отличие от вольфрамового оруденения олово встречается в различных минеральных видах. Собственно оловорудных месторождений известно лишь несколько, но олово присутствует иногда в заметных количествах в месторождениях вольфрама и образует широкий фон рассеяния в различных типах интрузивных, а также постмагматических измененных породах.

Пегматиты с незначительным содержанием касситерита и некоторых других минералов отмечены в ряде жил Кетменчи, Кутчи, Карамечет и Беркут.

Основными рудовмещающими и рудоконтролирующими структурами на вышеназванных рудопрооявлениях и месторождениях во всех случаях являются мелкие и крупные разрывные нарушения. В пределах описываемого региона можно выделить следующие оловорудные формации: пегматитовую, кассетерит-кварцевую и карбонатно-кассетеритовую. К этим формациям относятся месторождения Чангалы, Карнаб, Лопас, Алтын-Казган и Кармана, а также ряд мелких проявлений, связанных с кварцевыми жилами.

Свинцово – сурьмяная минерализация. Типичным представителем месторождений этого типа является Кельтасайское в Зирабулакских горах. Оно тяготеет к юго-западной части Зирабулакского интрузивного массива, сложенного породами кислого состава. Непосредственно рудовмещающие породы измененные (скарнированные, окварцованные) доломиты, известняки и сланцы. Рудные тела представляют собой небольшие жилы, приуроченные трещинам, развивающимися в зоне экзоконтакта штоков и даек.

Ртутная минерализация. Работами последних лет в пределах региона был выявлен ряд рудопрооявлений киновари (Джилга, Казанбулак, Восток-1, Дальний, Карасу, Пасткуча, Кончоч, Кушкумбай, Юбилейное 1, Тумшук, Мык, Джалгиз, Курганча, Алтыаул, включающий четыре минерализованные точки и составляющий единое Алтыаульское рудное поле). Основным структурным элементом последнего является Алтыаульская антиклиналь. Простирается складки северо-западное, близкое к широтному. Эта структура осложнена складчатостью более мелких порядков.

Наиболее благоприятными рудовмещающими породами являются доломиты, доломитовые известняки и известняки. В значительно меньшем количестве ртутное оруденение встречается в сланцах и песчаниках. Гидротермальными изменениями в пределах рудного поля затронуты все разновидности рудовмещающих пород.

К широко развитым процессам можно отнести доломитизацию известняков. Рудные тела имеют линзовидную, гнездообразную формы. Главным рудным минералом является киноварь, сопровождаемая кальцитом, доломитом, реже пиритом.

В заключение необходимо отметить, что большинство месторождений и рудопрооявлений, известных в пределах Западного Узбекистана, представляют весьма перспективными и, безусловно, заслуживают дальнейших всесторонних научно-исследовательских и геологоразведочных работ.

КАРЕЛЬСКИЙ ГРАНАТ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК СКАНДИЯ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИТТРИЕВОЙ ГРУППЫ

Ручьев А.М.

ruchyov@krc.karelia.ru, ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Новые данные о химическом составе граната (табл. 1) в совокупности со сведениями о рудной базе этого минерала, промышленно значимые проявления и месторождения которого выявлены на территории Республики Карелия (сумма запасов и прогнозных ресурсов граната – не менее 49,2 млн т), позволяют рассматривать гранат как перспективный источник скандия и редкоземельных металлов (TR) иттриевой группы (${}^Y\text{TR}=\text{Y}+\text{Sm}+\text{Eu}+\dots+\text{Lu}$), включенных в перечень основных видов стратегического минерального сырья.

Таблица 1

Среднее содержание Sc и TR в гранате из различных горных пород, г/т

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
Sc ₂ O ₃	227,80	211,04	289,91	280,91	309,93	210,66	144,84	271,84
Y ₂ O ₃	199,96	141,71	218,66	317,18	322,34	246,41	229,51	385,33
La ₂ O ₃	4,09	4,70	16,20	7,03	5,33	0,06	0,83	5,80
Ce ₂ O ₃	8,05	9,97	30,04	13,31	9,34	0,14	1,34	9,79
Pr ₂ O ₃	1,11	1,31	4,02	1,88	1,21	0,13	0,30	1,42
Nd ₂ O ₃	4,90	5,58	16,33	7,76	5,18	0,46	1,44	5,67
Sm ₂ O ₃	2,57	2,59	4,22	2,59	2,01	1,61	1,22	1,79
Eu ₂ O ₃	0,36	0,29	0,46	0,26	0,27	0,27	0,48	0,35
Gd ₂ O ₃	11,48	11,03	12,27	11,06	11,08	16,33	11,13	8,27
Tb ₂ O ₃	3,50	3,15	3,84	4,32	4,44	5,87	3,81	3,96
Dy ₂ O ₃	30,40	24,60	32,80	43,53	43,38	42,66	35,38	48,26
Ho ₂ O ₃	6,99	5,06	7,46	10,81	10,74	9,37	8,79	13,77
Er ₂ O ₃	22,34	15,63	24,15	35,10	36,55	25,80	24,22	50,30
Tm ₂ O ₃	3,26	2,23	3,52	5,28	5,51	4,09	2,99	7,98
Yb ₂ O ₃	22,23	15,41	24,70	35,83	40,03	27,76	16,73	57,35
Lu ₂ O ₃	3,17	2,19	3,54	5,19	5,74	4,83	2,63	8,15
$\Sigma\text{Ln}_2\text{O}_3$	124,46	103,75	183,56	183,96	180,81	139,39	111,31	222,85
$\Sigma^Y\text{Ln}_2\text{O}_3$	106,29	82,18	116,97	153,97	159,74	138,60	107,40	200,17
${}^Y\text{TR}_2\text{O}_3$	306,25	223,89	335,63	471,16	482,08	385,01	336,91	585,50
TR ₂ O ₃	324,42	245,46	402,22	501,15	503,15	385,80	340,82	608,18
${}^Y\text{TR}_2\text{O}_3, \%$	94,11	90,89	85,51	94,11	95,87	99,81	98,94	96,19

1-6 – гранат гнейсов чупинской свиты беломорид (ICP MS): 1 – реликтовых гранат-биотитовых I минеральной фации, n = 19; 2 – кианит-гранат-биотитовых II фации, n = 14; 3 – кианит-гранат-биотитовых III фации, n = 23; 4, 5 – мусковитсодержащих IV фации: 4 – гнейса-4/2 (диафторит по породам II фации), n = 23; 5 – гнейса-4/3 (диафторит по породам III фации), n = 28; 6 – гранат из проявления «Западная Плотина», LA ICP MS, n = 21; 7 – гранат жедрититов из месторождения «Тербеостров», LA ICP MS, n = 14; 8 – гранат из месторождения «Кительское» (Северное Приладожье), ICP MS, n = 6;

n – число проб; Ln – лантаноиды; ${}^Y\text{TR}_2\text{O}_3=\Sigma^Y\text{Ln}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$; $\text{TR}_2\text{O}_3=\Sigma\text{Ln}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$; ${}^Y\text{TR}_2\text{O}_3, \%=100{}^Y\text{TR}_2\text{O}_3/\text{TR}_2\text{O}_3$

В гранате Sc – главный полезный компонент (содержание значительно больше минимального промышленного), TR – попутные (содержание меньше 0,2 %).

По показателю «ценность тонны руды» (стоимость продуктов передела) гранат превосходит «традиционные» перспективные источники редких металлов: красные шламы, силикатные хвосты обогащения титаномагнетитовых руд, хибинский апатитовый концентрат, фосфогипс. По результатам первичной оценки состава TR по соотношению групп дефицитных, потенциально дефицитных и избыточных компонентов, выделенных с учетом прогноза

производства и потребления каждого компонента [Середин, 2010], гранат соответствует высокоперспективным рудам. Гранатовый концентрат не радиоактивен.

Новые данные (табл. 1) позволяют в первом приближении оценить прогнозные ресурсы Sc и TR на некоторых карельских гранатовых объектах (табл. 2).

Таблица 2

Прогнозные ресурсы Sc и TR на месторождениях и проявлениях граната

Месторождения и проявления граната	Запасы и ресурсы граната*, т	Прогнозные ресурсы Sc и TR, т				
		Sc ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Ln ₂ O ₃	TR ₂ O ₃	^Y TR ₂ O ₃
Солохина Луда	6000	0,9	1,4	0,7	2,0	2,0
Еловый Наволок	29000	4	7	3	10	10
Тербеостров	562740	82	129	63	192	190
Кожручейское	1008000	146	231	112	344	340
Кислячиха	4600	0,7	1,1	0,5	1,6	1,5
Удинское	4800000	695	1102	534	1636	1617
Кузостровское	800000	116	184	89	273	270
Кемско-беломорская группа в целом	7210340	1044	1655	803	2457	2429
Зап. Плотина (по 6 в табл. 1)	500000	105	123	70	193	193
Зап. Плотина (по 3 в табл. 1)	500000	145	109	92	201	168
Кительское	7500	2,0	2,9	1,7	4,6	4,4

* По материалам Министерства по природопользованию и экологии РК (<http://nedrark.karelia.ru/index.html>; 07.02.2016 г.)

Анализ геологических условий свидетельствует о реальной возможности существенного увеличения рудной базы граната, следовательно, и редких металлов. Наиболее подходящими в этом отношении представляются содержащие гранат разновидности силикатных пород беломорского комплекса. Их гранат – главный минерал-концентрат Sc и TR. В чупинской свите беломорид в промышленном аспекте особенно интересны гнейсы III-IV минеральных фаций (табл. 1). Так, гнейс III фации, характеризующийся достаточно высоким содержанием граната и кианита, постоянством минерального состава, очень большими объемами пород, которые могут быть вовлечены в переработку, является потенциальной комплексной рудой ряда индустриальных минералов. Разработаны технологические схемы получения из нее мономинеральных концентратов. Возможность многоцелевого использования всех продуктов переработки гнейсов будет способствовать снижению затрат на добычу граната. Не исключено также попутное извлечение гранатовых концентратов при освоении благороднометалльно-медно-никелевых рудных объектов большого типа, прогнозируемых в области развития гнейсов чупинской свиты и уже выявленных (Малиноваракский участок).

По сравнению со многими российскими редкометалльными объектами карельские гранатовые проявления и месторождения расположены на территории с более благоприятными географо-экономическими условиями, в районах, где успешно работали и ныне действуют предприятия горнодобывающей промышленности.

Таким образом, имеются объективные предпосылки, позволяющие оптимистически оценивать карельский гранат как новый перспективный источник Sc и ^YTR. Для надлежащего обоснования возможности использования граната в качестве руды **этих металлов** целесообразно продолжение всестороннего геологического изучения карельских гранатовых объектов и технологических исследований (решение проблемы извлечения Sc и TR из граната в промышленных масштабах). Актуальность этих мероприятий определяется необходимостью развития отечественной сырьевой базы дефицитных редких металлов и стратегией импортозамещения.

Литература

1. Середин В.В. Новый метод первичной оценки перспективности редкоземельных руд // Геология рудных месторождений, 2010, т. 52, № 5. С. 475-480.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА РЕГИОНАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ ГОР БУКАНТАУ

Тангиров А.И., Урунов Б.Н., Исаходжаев Б.А.

urunovbaxrom@mail.ru, Ташкентский государственный технический университет,
Ташкент, Узбекистан

При изучении региональных закономерностей размещения эндогенного оруденения региона использованы возможности тренд-анализа, который в геологии используется для выявления региональной и локальной компоненты исследуемых характеристик. Этот подход достаточно широко применяется в мировой практике.

В нашем понимании **тренд** – это, условно выбранный контур территории вытянутый по простиранию на десятки километров и ограниченный по ширине в связи с определенными геологическими элементами (крупный элемент структуры местности или зона ее проявления, пространственная приуроченность к этой зоне объектов коренных проявлений эндогенной минерализации и др. геологических параметров).

Авторами осуществлены анализ материалов геолого-съемочных работ (Бухарин А.К. и др. 1990), региональных геофизических, (Оранский Н.И., 1984 г.) [2] размещения месторождений полезных ископаемых (Михайлов В.В. 2004г.), [3] дешифрирования космоснимков (Глух А.К. 2008 г.), [1] геолого-геодинамические построения (Миркамалов Р.Х. 2012 г.) и др. позволившие подчеркнуть существование крупной региональной структуры – тренда прослеживающегося по простиранию от гор Бозтау через Кокпатас до Окжетпесских возвышенностей шириной 6-8 км и простиранием в среднем 320° с обнажением карбонатных пород в антиформных структурах – Бозтауской, Кокпатасской, и Окжетпесской.

В геологическом строении описываемой площади по данным различных авторов (Абдуазимова З.М., Миркамалов Р.Х. 2012) участвуют терригенные и кремнисто-терригенно-карбонатные толщи кокпатасской свиты, карбонатные отложения окжетпесской, бозтауской и восточно-сардарской свит и вулканогенно-осадочные образования, составляющие основу среднепалеозойского аккреционного комплекса островодужных образований карашахской толщ. Из магматических образований принимают участие известные кокпатаский монцонит-гранодиоритовый и сарытауский трондьемит-адамеллитовый комплексы.

По данным Головки А.В., Диваева Ф.К. (2007) в центре Кокпатасских возвышенностей имеются выходы пород лампроитовой серии.

Структурный облик тренда и прилегающих площадей характеризуется ее приуроченностью к зоне крупного надвига отложений среднего-верхнего рифея кокпатасской свиты на карбонатные породы девона и карбона, обнажающихся в ядре антиформ.

В структурном плане каждая возвышенность имеет довольно сложное строение. Основная складчатость СЗ ориентировки с простиранием главных осей по азимуту $290-300^\circ$, представлена системой линейных сильно сжатых складок часто изоклиальной формы.

Параметры и основные элементы складок определяются по элементам залегания пород, реже фиксируются на местности по замковым и ядерным частям структур, определяемых по положению интенсивно раскливажированных песчаников, реже пород кварцево-кремнистого состава. Погружение шарниров в СЗ направлении под достаточно пологими углами $10-30^\circ$.

Структурный облик этой диагональной зоны и прилегающих площадей характеризуется ее приуроченностью к зоне крупного надвига отложений кокпатасской (O_{1-2}) свиты на карбонатные отложения девона и карбона, обнажающихся в ядре антиформ. В плане это – полоса метатерригенных и кремнистых интенсивно перемятых пород. В ее составе выделяются сильно ожелезненные и окварцованные разности представленные аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Зона надвига осложнена многочисленными разломами, имеет в плане неровную, извилистую форму, часто скрытой под наносами и осложненной многочисленными разрывными нарушениями продольной и ортогональной ориентировки, в связи с чем отмечаются довольно крутые углы падения, колеблющиеся от 50 до 80° .

Основные элементы складок и ее параметры определяются по элементам залегания пород, реже фиксируются на местности по замковым и ядерным частям структур, определяемых по положению интенсивно раскливажированных песчаников, реже пород кварцево-кремнистого состава. Погружение шарниров в СЗ направлении под достаточно пологими углами 10-30°.

Золоторудные месторождения и проявления Букантау относятся к четырем формациям: золото-сульфидной прожилково-вкрапленных руд, золото-(сульфидно)-кварцевой, золото-серебряной и золото-скарновой.

Все месторождения и проявления золота гор Букантау размещаются в пределах протяженных внутриблоковых зон смятия и дробления, обычно субсогласных с вмещающими толщами. Эти зоны, таким образом, играют роль рудоконтролирующих структур и могут быть сопоставимы с рудоподводящими разломами. Кроме смятия и дробления, для зон характерны мелкие штоки и дайки формации малых тел пестрого состава, образующие часто пояса и пучки, иногда отмечается повышенное количество кварцевых жил и прожилков.

Роль рудоконтролирующих структур играют поперечные и диагональные разрывы и зоны разрывов разного порядка: от мелких, влияющих на локализацию рудных тел и столбов на месторождениях до региональных трансблоковых, вблизи и на пересечении которых с продольными зонами локализуются рудные поля.

Выделяемая региональная структура достаточно четко отмечается по следующим элементам:

- наличие протяженных разрывных нарушений и тектонических дислокаций различного порядка и вида, но главным образом в породах среднепалеозойского аккреционного комплекса;

- наличие вдоль этой зоны цепочек брахиформных карбонатных построек девон-карбонного возраста, представляющих собой структурно-тектонические эрозионные окна среди отложений протерозойской кокпатасской свиты и флиш-олистоостромовой карашахской толщи;

- приуроченность к этой структуре значительного большинства известных здесь рудных объектов. Ширина тренда условно принята в пределах 6-8 км, при общей протяженности по простиранию более 70 км и может иметь продолжение далее на юго-восток. В зоне тренда локализованы 70 из 86 известных в Южном Букантау месторождений и значимых рудопроявлений золота, серебра и сурьмы, что составляет более 80% известных здесь коренных проявлений.

Рудная минерализация пространственно связана:

- с основным структурным элементом площади – зоной надвига (Бозтау, Карашахо, Восточное, Южный, Окжетпес и мн. др.);

- со структурами генерального северо-западного (290-310°) направления, зонами их влияния – более 35% месторождений и рудопроявлений.

- с зонами разломов северо-восточного (70-80°) простирания или клиньев которые они образуют с структурами субмеридионального и диагонального СЗ простираний.

Очевидно, что дальнейшие исследования региона должны развиваться в увязке их с зоной проявления БКОТ и активизацией работ по оценке перспектив погребенных его частей.

Литература

1. Глух А.К. Дистанционная основа гор Букантау // Геология и минеральные ресурсы, №1, 2008. С.10-19.
2. Оранский Н.И. Положение Бозтау-Окжетпесского грабена в региональных структурах Кызылкумов // Узб. геол. журн. 1984. № 4. С. 73-75.
3. Михайлов В.В. и др. Карта полезных ископаемых Республики Узбекистан : м-б 1:500 000. Ташкент, 2004.

УСЛОВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РАЗНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕЕЛИТ-СУЛЬФИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОРДОННОЕ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ)

Федосеев Д.Г., Пахомова В.А., Тишкина В.Б., Буравлева С.Ю.
fedoseev@fegi.ru, ФАНО ФГБУН Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Россия

Цель настоящей работы – установить физико-химические условия, характеризующие процесс переноса и отложения разнометалльной минерализации (шеелитовой и сульфидной) из рудоносных растворов шеелит-сульфидного месторождения Кордонное.

Район месторождения Кордонное сложен вулканогенно-осадочными породами самаркинской акреционной призмы юрского возраста. В геологическом строении рудного поля месторождения Кордонное участвуют два генетически самостоятельных магматических комплекса (татибинский и синанчинский), которые различаются по возрасту, структурным особенностям, минеральному и химическому составу, петрохимическим характеристикам, геохимическим признакам и условиям образования. Рудные тела локализованы над интрузивным телом гранитов, которые, по данным бурения, вскрыты на глубине около 100 м, и представляют собой горизонты полого залегающих метаморфизованных и скарнированных карбонатно-кремнистых пород. Абсолютный возраст (K/Ar и Rb/Sr-методы) гранитов первой группы соответствует интервалу 102.5 ± 2 млн лет; возраст гранитов второй группы – 88-86 млн лет. Важным аргументом для отнесения гранитов к разным комплексам послужили установленные признаки водонасыщенности для материнских магм гранитов первого типа (татибинского комплекса) [2] и маловодности – для другого (синанчинского) [3].

Рудные тела на месторождении Кордонное приурочены к пологозалегающим блокам скарнированных карбонатно-кремнистых пород, которые пересекаются множеством прожилков кварц-полевошпат-шеелитового, кварц-шеелитового (иногда с апатитом и арсенопиритом) состава. Мощность скарнированных участков – от 0.2 до 7 м; чаще – в пределах первых сантиметров. Грейзены на месторождении представлены двумя минеральными ассоциациями: мусковит-кварцевой и шеелит-apatит-кварцевой [1]. Мусковит-кварцевая ассоциация наблюдается в виде зон небольшой мощности (до 0.05 м) в измененных гранитах или участках пород кремнистого облика. Кварц-карбонатные и карбонат-кварцевые прожилки занимают секущее положение относительно грейзеновых зон и очевидно, являются более поздними. Имеют небольшую мощность (редко более 1 см) и включения рудных минералов (пирротина, пирита, магнетита, марказита). Кроме кварца и карбоната, в них встречаются хлорит и эпидот. Сочетание вольфрамовых (шеелит, вольфрамит) и сульфидных (пирротин, халькопирит) минералов является особенностью минерализации месторождения и определяет их специализацию.

Цель настоящей работы – установить физико-химические условия, характеризующие процесс переноса и отложения разнометалльной минерализации (шеелитовой и сульфидной) из рудоносных растворов шеелит-сульфидного месторождения Кордонное. Для достижения намеченной цели потребовалось решение следующих задач: 1) найти прожилки, различающиеся содержанием рудных минералов; 2) для каждого выделенного типа оруденения определить состав минеральных парагенезисов; 3) изучить включения минералообразующих растворов, характеризующих условия отложения разных рудных минералов (в одном случае – шеелита, в другом – сульфидов), методами термометрии и рамановской спектроскопии, определить температуры гомогенизации, солевой и газовый состав растворов, ответственных за образование разнометалльных рудных прожилков.

Накопленные к настоящему времени результаты исследований физико-химических условий пород и руд месторождения Кордонное сводятся к следующему. Установлено, что начало кристаллизации гранитов татибинского комплекса соответствует интервалу температур $750-775^{\circ}\text{C}$, давление флюида – около 150 МПа, водосодержание магмы

составляет 4.5-5.5 мас. %. Температурный интервал формирования грейзенов составляет от 450 до 260°C, концентрация солей в растворе 14.6-5.4 мас. %-экв. NaCl, уголекислоты 5.3-2.4 моль/кг раствора. В период формирования дорудного кварца в растворе преобладали хлориды Na, K и Mg. Как установлено Раман-спектроскопией, газовая составляющая флюида представлена уголекислотой с примесью метана. Оценка давления по этим двум типам сингенетичных включений составляет от 120 до 30 МПа. Изучение состава включений в гидротермальных прожилках, содержащих шеелит, показало, что в растворе, формирующем эти образования, среди катионов преобладают Na и K, при этом Ca, Mg и Fe играют подчиненную роль.

Для изучения условий образования разнометального оруденения изучены строение и минеральный состав рудоносных прожилков в роговиках, имеющие четкие границы с вмещающей породой (прожилки выполнения) зонального строения, мощностью от 1.5 до 3.0 см. Зальбанды прожилков сложены шестоватыми и мелкозернистыми зернами кварца с вкрапленностью шеелита, центральная часть – изометричными зернами кварца с неравномерной вкрапленностью сульфидов. Судя по взаимоотношениям сульфидов и шеелита, очевидно более позднее поступление растворов, формирующих сульфидную минерализацию, так как зерна шеелита имеют оторочки сульфидов, а кварц зальбандов перекристаллизован. Данные о составе рудообразующих растворов и условиях формирования сульфидной минерализации получены в результате изучения кристаллов кварца, флюидные включения в котором имеют довольно крупные размеры и подходят для изучения методами термометрии. В кварце зальбандов включения, пригодные для изучения, не обнаружены.

Для включений кварца кварц-сульфидной ассоциации характерна гетерогенизация растворов, а также присутствие микроминералов сульфидов, захваченных в вакуоли. Среди дочерних фаз присутствует гидросиликат Fe и Mn – пиросмалит. Главным компонентом газовой фазы включений с пиросмалитом является метан, диагностированный методом Раман-спектроскопии. Кроме того, обнаружены включения, содержащие халькопирит в виде самостоятельной фазы, что также свидетельствует о наличии рудного компонента в растворе.

Таким образом, в образовании рудных зон и прожилков принимал участие гетерогенный флюид, состоящий из высокосолёной высокоплотной фазы, содержащей хлориды Na, K, Mg, Fe, и низкоплотной газовой фазы, состоящей преимущественно из CO₂ и CH₄. Составы включений в кварце рудных прожилков свидетельствуют о смешении окислительных (Fe³⁺ в гематите, определенном во включениях в кварце, сингенетичном шеелите) и восстановительных (CH₄ и Fe²⁺ в пиросмалите, диагностированном во включениях в кварце, сингенетичном сульфидах и фтористому апатиту) при формировании оруденения.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов: РФФИ №15-05-00809, РФФИ № 16-05-00283, ДВО РАН №15-1-2-0030

Литература

1. Гвоздев В.И., Федосеев Д.Г. Скарны вольфрамового месторождения Кордонное (Приморский край) // Тихоокеанская геология. 2012. Т 32, № 2. С. 100-111.
2. Рейф Ф.Г. Условия и механизмы формирования гранитных рудно-магматических систем (по термобарогеохимическим данным). – М.: ИМГРЭ, 2009. 497 с.
3. Федосеев Д.Г., Пахомова В.А., Гвоздев В.И., Зарубина Н.В., Буравлева С.Ю., Тишкина В.Б. Критерии связи скарнового шеелит-сульфидного месторождения Кордонное разновозрастным магматизмом // Геология рудных месторождений. Том 56, , 2014, № 6. С. 1-10.

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНЕ ЕГИПТА

Шарафелдин Х.Э., Верчеба А.А.

aa_ver@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Существуют две точки зрения на этапы развития и условия образования золотой минерализации в Восточной Пустыне Египта. По мнению некоторых исследователей золото формировалось одну эпоху [1, 2, 3, 5, 6] и связано с породами ультраосновного состава и офиолитовыми комплексами. По другим данным золотая минерализация имеет гидротермальное происхождение, и месторождения жильного типа золото-кварц-сульфидной формации образовались в хрупких гранодиоритах, гранитах формации «Gattarian» и дайковом комплексе пород.[1, 2, 3, 5, 6].

В то же время установлена золотоносность таких геологических формаций как сланцево-аргиллитовая и магматических формаций – ультрамафитовой, гранитоидной и фельзит-порфировой, представленной дайковым комплексом [6]. Это позволяет выделить следующие этапы образования золота (рис. 1).

Сингенетическое накопление золота в породах осадочных отложениях углисто-кремнистых сланцев и последующее перераспределение минерализации в связи с проявлением пород офиолитовой ассоциации палеорифта.

Следующий этап формирования золотого оруденения связан с проявлением островодужного вулканизма с внедрением в метаседименты интрузивов гранодиоритов и диоритов.

Заключительный этап формирования золоторудного оруденения связан с тектоно-магматической активизацией развития территории северо-восточного Египта, заложением разломов глубокого заложения и внедрением гранитов кальциево-щелочного состава

Таким образом, золоторудная минерализация формировалась последовательно на протяжении трех этапов тектоно-магматического развития территории северо-восточного Египта и определяется геохимической ассоциацией рудогенных элементов, связанной с вмещающими горными породами.

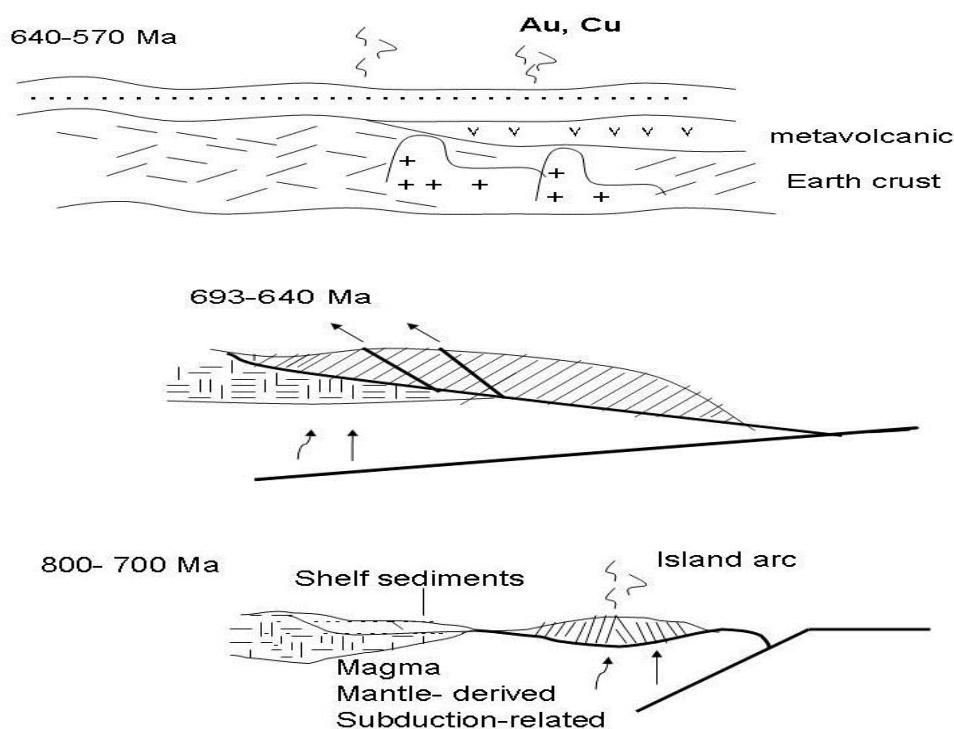


Рис. 1. Тектонические этапы развития территории Восточной Пустыни Египта [7]

Литература

1. El Alfy, E., 1946. Mineral resources of Egypt. Trans. Min. Petroleum Assoc., Egypt, I(3): 9-32.
2. El Shazly, E.M., 1957. Classification of the Egyptian mineral deposits, Egypt. Journ. Geol., I(1): 1-20.
3. El Shazly, E.M., 1959. Notes on the mining map of Egypt. Repts. 20 intern. Geol. Congress, Mexico th (1956). Associ. African Geol. Surv., 423-437.
4. Hassaan M.M. and A.M. El-Mezayen, 1995. Genesis of gold mineralization in Eastern Desert, Egypt. Al Azhar Bull. Sci., 6(1): 921-933.
5. Hume, W.F., 1937. Geology of Egypt, Surv. Egypt, V. II, part III, pp: 990.
6. Moharram, O., M.F. El-Ramly, A.F. Amer, S.S. Ivanov and D.Z. Gachechiladze, 1970. Studies on some mineral deposits of Egypt. Geol. Surv. of Egypt. Special publication.
7. Botros N.S. 2004. A new classification of the gold deposits of Egypt. Ore Geology Reviews 25. 1-37

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНИ ЕГИПТА

Шарафелдин Х.Э., Верчеба А.А.

aa_ver@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Восточная часть территории Египта (Восточная Пустыня) в геологическом отношении представляет собой фрагмент Арабо-Нубийского докембрийского массива, частично перекрытого чехлом меловых и эоценовых отложений. Породы фундамента обнажаются в Восточной пустыне между долиной Нила и побережьем Красного моря в форме клина северной широты. Они представлены офиолитовыми и островодужными породными ассоциациями и интрузивными комплексами, сформированными в условиях континентальной окраины (андезит-дацит-риолиты) и во внутриплатформенных условиях (диорит-тоналит-гранодиориты). В Восточной Пустыне Египта известно более 110 месторождений золота. Большинство месторождений золота приурочено к породам фундамента. Разработка золота в крупных месторождениях продолжается со времен фараонов до настоящего времени. С учетом пространственного распределения месторождений выявлены некоторые важные факты [6]:

✓ подавляющее большинство месторождений золота приурочено к гранитным плутонам, внедренным в породы офиолитовой ассоциации и связанным с ними докембрийскими вулканогенно-осадочными породами Панафриканского покрова.

✓ месторождения золота обычно локализованы в разломах, оперяющих разломы глубокого заложения северо-западной ориентировки.

Золотая минерализация распространена в породах кристаллического фундамента почти на всей территории Восточной пустыни Египта, за исключением крайней северной части. Почти все авторы отмечают пространственную связь минерализации золота в Восточной пустыне с гранитоидными породами, которые, интродировали архейские мафиты и ультрамафиты. Возраст гранитоидов кальциево-щелочной специализации определен 559 ± 6 млн лет. [2, 4, 7].

Известные рудопроявления золота в Египте представлены, главным образом, золото-кварцевыми жилами с сульфидной минерализацией. Золото-кварцевые жилы пересекают различные горные породы докембрийского фундамента, слагающего часть Арабо-Нубийского горного массива. Поскольку большинство известных месторождений золота приурочены к кварцевым жилам, исторически исследователи концентрировали внимание на этом типе месторождений. Месторождения объединены в золоторудные пояса северо-западного направления. Восточный пояс примыкает к контакту пород фундамента и к нему приурочены месторождения золота Умм Раса, Атида, Сукари, Хангали, Умм Ида и ряд рудопроявлений.

Примером проявления золото-кварц-сульфидной формации является месторождение Сукари. В геологическом строении месторождения принимает участие массив гранитоидов, нарушенный системой разрывных нарушений северо-восточной и субмеридиональной ориентировки. Шток внедрён в мощную толщу сравнительно пластичных глинистых сланцев, андезитовых и дацитовых туфов, подчиненных им лав, а также мелких линз серпентинитов.

Интрузивный массив размещается между двумя сочленяющимися разломами субмеридионального и северо-восточного направления, а также сопряжённых с ними контактовых разрывов, которые выполняют роль локальных рудоконтролирующих нарушений. Шток вытягивается с север-северо-востока на юг-юго-запад на 2,3 км. В северной, наиболее широкой части его поперечник достигает 700-800 м, на юг он сокращается до 100-150 м.

Оруденение размещается в узком штоке позднепротерозойских гранитов, который протягивается на 700 м в юго-западном направлении [1]. Возраст золотого оруденения, по данным рубидий-стронциевого анализа, датируется 522 ± 12 млн лет [5].

Шток пересечён дорудными, но слабо минерализованными разрывами субширотной серии. Они расположены менее чем в 30-50 м один от другого. Кроме того, проявлены трещинные нарушения субмеридионального направления. Именно в такой структурной «решетке», между сравнительно плотно расположенными дорудными нарушениями, сформировались рудоносные трещинные пучки.

На месторождении Сукари в жильной кварцевой массе установлены сульфиды, среди которых преобладают золотосодержащие арсенопирит, пирит и сульфиды цветных металлов. Выявлено свободное золото, размером 1-2 мм, заключённое в кварце. Главной особенностью пространственного положения оруденения является проявление между сближенными трещинными нарушениями, сопровождающимися мелкими сколами сульфидно-кварцевых жил и слабо золотоносных метасоматитов. Метасоматиты с золотосодержащими арсенопиритом и пиритом преимущественно распространились вдоль западного тектонического контакта штока [1].

Таким образом, в локализации промышленного золотого оруденения проявлены следующие факторы:

Структурный фактор – узлы пересечения разломов и тектонических сколов, сыгравшие роль рудоконтролирующих и рудовмещающих структур; зоны повышенной трещиноватости пород, формирующие рудовмещающие «пучки» тектонических сколов.

Магматический фактор: зоны развития штокообразных тел кальциево-щелочной формации, специализированной на золото; зоны развития даек и апофизов от гранитных массивов.

Литологический фактор: вулканогенно-осадочные породы, глинистые сланцы, аргиллиты в контакте с гранитами по которым развиваются золотоносные метасоматиты.

Литература

1. Некрасов Е.М., Дорожкина Л.А., Дудкин Н.В. Особенности геологии и структуры крупнейших золоторудных месторождений эндогенного класса. М. : Астрейя-центр, 2015. – 192 с.
2. Amin M.S. Geology and mineral deposits of Umm Rus sheet; 1955. Geological Survey of Egypt, Cairo.
3. El Gaby, S., List, F., Tehrani, R., 1990. The basement complex of the Eastern Desert and Sinai. In The Geology of Egypt. Said, R. (Ed.), Rotterdam, Balkema, pp. 175-184
4. El Shazly E.M. Classification of Egyptian mineral deposits; Egyptian Journal of Geology, 1957. Vol. 1, Cairo.
5. Ghoneim et. al. Rb/Sr and Sm/Nd isotopic systems of El Sukari, Eastern desert Egypt // Proc. First Internat. Conference on the Geol. of Africa, Assiut. Edypt, Nov. 1999.
6. Helmy H.M., Kaindl R., Fritz H., Loizenbauer J., 2004. The Sukari Gold Mine, Eastern Desert-Egypt: structural setting, mineralogy and fluid inclusion study. Mineralium Deposita 39, 495-511.
7. Hume W.F. Geology of Egypt, 1937. V. II, part III, Geological Survey of Egypt.

О РЕЗУЛЬТАТАХ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА ЛОМОНТИТСОДЕРЖАЩИЕ ПОРОДЫ В АБЗЕЛИЛОВСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Шафиков Р.Д., Фаткуллин Э.А.
info@dior-ufa.ru, ЗАО «ДИОР», Уфа, Россия

Перспективы выявления месторождений и проявлений цеолитов на территории Абзелиловского района РБ связаны в основном с туфогенно-осадочными толщами улутауской свиты среднего девона, которые прослеживаются с юго-западной границы района на северо-восток в виде узкой полосы субмеридионального направления протяженностью более 50 км. Сведения о выявленных перспективных участках с развитием цеолитовой минерализацией на территории района ранее отсутствовали. Однако, разработанная в процессе поисковых работ геолого-прогнозная модель позволила получить более отчетливое представление о генезисе местных вулканогенно-осадочных толщ и связанной с ней цеолитизацией. Совокупность проанализированных поисковых критериев (стратиграфических, литологических, тектонических, структурных, магматических и минералого-геохимических) позволила локализовать и оконтурить площадное развитие цеолитизации в районе деревни Старобалапаново.

Актуальность постановки работ была обоснована необходимостью создания собственной минерально-сырьевой базы цеолитового сырья с целью возможного улучшения экологической обстановки в регионе путем применения его в технологических процессах по очистке сточных вод горнорудных предприятий Южного Урала от ионов тяжелых металлов. Известно, что основные промышленные разновидности природных цеолитов привлекают одновременно все присутствующие в растворе тяжелые металлы, однако с разной степенью эффективности. Ломонтит до последнего времени являлся менее изученным и обладающим более низкой практической ценностью разновидностью промышленных цеолитов [4]. Исходя из этого, геологоразведочные работы проектировались с включением необходимого комплекса технологических исследований с целью изучения качественных характеристик ломонтитсодержащих руд.

Балапанская поисковая площадь является малоизученной, последняя геологическая съемка 1:50 000 масштаба проводилась в 1955 году Гороховым С.С. и Кривоносовым В.М. В строении площади принимают участие средне- и верхнедевонские отложения: в юго-восточной части – это отложения мукасовского горизонта, в северо-западной – бугулыгырского. Основная часть поисковой площади сложена отложениями улутауской свиты. [4]

Существенными геологическими результатами поисковых работ являлось установление факта наличия на Балапанской поисковой площади цеолитсодержащих пород с содержанием ломонтита в пределах (8-70%). На основе полученных результатов анализа минерального состава горных пород Балапанской площади, выполненные в АТСИЦ «ЦНИИ-геолнеруд», был выделен перспективный участок, полезная толща которого сложена цеолитсодержащими туфопесчаниками улутауской свиты. На исследуемой территории ломонтит присутствует по всему разрезу скважины С-16 (8-40%) в интервале в 2,7-50 м, в разрезе скважины С-17 в интервале 6,0-21,5 м. (13-70%) и скважины С-19 в интервале 9,0-21,0 м. (14-42%).

Рудная залежь на Балапанской площади отличается изометричной формой и формирует в плане практически равнобедренный треугольник площадью 94636,0 м². Мощность вскрыши варьирует от 2,7 до 9,0 м, в среднем – 5,9 м. Средняя мощность полезной толщи составила – 34,4 м. Прогнозные ресурсы по категории Р₁ на Балапанском проявлении оценены в количестве 8,5 млн т. цеолитсодержащих пород. Средневзвешенное содержание цеолита по Балапанскому проявлению – 29%, значения средневзвешенных минерального состава по продуктивным скважинам и в целом по блоку приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средневзвешенный минеральный состав Балапанского проявления

Горная выработка	Фазовый состав, % масс.								
	Лом	Пл	Хл	Кв	Пум	Мга	Сл	Ка	КПШ
С-16	25,8	31,2	14,2	9,9	3,0	9,7	0,5	0,0	3,3
С-17	37,2	15,0	0,0	9,6	16,0	0,0	0,6	0,6	0,0
С-19	31,0	17,5	0,0	14,0	8,3	0,0	1,3	2,3	0,0
Средневзвешенное по проявлению	29,0	25,7	~9,0	10,5	6,5	6,1	~0,8	~0,5	~2,1

Лом – ломонтит, Пл – плагиоклаз, Хл – хлорит, Кв – кварц, Пум – пумпеллит, Мга – минерал из группы амфиболов, Сл – слюда, Ка – кальцит, КПШ – калиевый полевой шпат

По основным параметрам цеолитовое сырье соответствует требованиям ТУ, что говорит о возможности его применения в различных областях промышленности. Проведенная геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов цеолитсодержащих пород Балапанской площади по укрупненным показателям показала, что освоение проявления признано эффективным. Нормативный показатель рентабельности предприятия составит 12%, а срок окупаемости капитальных вложений – 3,4 года.

Таким образом, все основные поисковые задачи на Балапанском проявлении решены: изучен продуктивный горизонт, установлены границы, структура и форма проявления, определена морфология рудных залежей, содержание цеолитовых минералов и вещественный состав цеолитсодержащих руд. Логичным и необходимым видится проведение комплекса разведочных работ для уточнения геологической структуры, формы и условий залегания ломонтитсодержащих руд, их качества, в процессе которых будут дополнительно изучены технологические характеристики ломонтитсодержащих пород для отработки параметров промышленного использования.

Литература

1. Буров А.И. О критериях прогнозирования и поисков месторождений цеолитов / А.И. Буров, П.О. Аблямитов, А.С. Михайлов // Известия ВУЗ. Геология и разведка. 1984. № 4. С. 48-53.
2. Михайлов А.С., Дистанов У.Г. Минеральное сырье. Цеолиты : справочник. – М. : ЗАО «Геоинформмарк», 1999. – 29 с.
3. Михайлов А.С., Буров А.И., Власов В.В. и др. Поиски, разведка и оценка месторождений цеолитсодержащих пород. – М. : ВИЭМС, 1989. – 54 с.
4. Фаткуллин Э.А., Фатхиева Д.З. Проект на выполнение работ по объекту №1-59/13: «Поисковые работы на цеолиты в вулканогенно-осадочных толщах Башкирского Зауралья (Республика Башкортостан)», Уфа, 2013 г. – 133 с.
5. Хамитов Р.А., Корнилов А.М., Жданов Г.Ш. О перспективах использования природных цеолитов Зауралья Башкортостана для решения проблемы промышленной экологии, строительства, ЖКХ и потребностей сельского хозяйства // Перспективы создания новых горнорудных районов в европейской части России и Урала. – М., 2012.

ЖЕЛЕЗО-ОКСИДНО-ЗОЛОТО-МЕДНЫЕ С U И REE МЕСТОРОЖДЕНИЯ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

¹Гонгальский Б.И., ²Криволицкая Н.А. ³Кринов Д.И.,
¹Ковальчук Е.В., ¹Магазина Л.О.

¹brgon@mail.ru, ИГЕМ РАН; ²ГЕОХИ РАН, ³АО «ВНИИХТ», Москва, Россия

Многочисленные месторождения различных формационных типов сконцентрированы на небольшой площади в пределах узкого клина западного окончания Алданского щита на юге Сибирской платформы между структурами Байкало-Муйского и Монголо-Охотского поясов (Рыцк и др., 2011). Согласно современным представлениям Сибирский кратон был сформирован к концу палеопротерозоя (2.0-1.8 Ga) и входил в состав суперконтинента Колумбии, в котором в результате аккреционных и коллизионных процессов были собраны почти все части континентальных блоков (Rogers, 1996; Хаин, 2001; Розен, 2001; Rogers, Santosh, 2002; Rozen et al., 1994 и др.). Для позднего архея – начала раннего протерозоя характерны субмеридиональные структуры с месторождениями железистых кварцитов Чарской группы месторождений, проявления золота, меди, никеля вплоть до алмазов связаны с Олондинским трогом на севере Удокан-Чинейского рудного района (УЧРР). Палеопротерозойская эпоха была высокопродуктивной на железо-серебряно-медные, железо-титан-ванадиевые, платино-медно-никелевые и уран-редкометалльные месторождения в мировом масштабе. Именно здесь сосредоточены суперкрупные запасы минерального сырья: меди, серебра, титана, ванадия, редких металлов. Медные месторождения УЧРР по суммарным запасам являются уникальными (более 50 млн т. меди). Главные из них сосредоточены в гидротермально-осадочных халькозин-борнитовых, пирит-халькопиритовых рудах Удоканского месторождения (26,7 млн т. Cu) и в более мелких месторождениях в осадочных породах (более 12 млн т. Cu), а также в собственно магматических месторождениях Чинейского массива (более 15 млн т. Cu). Обнаружение в последние годы новых типов золото-платино-медных гидротермальных (Гонгальский и др., 2007) и уран-редкоземельно-редкометалльных месторождений (Гонгальский и др., 2009; Макарьев и др., 2009, 2010) в магматических и осадочных породах выводят УЧРР в разряд эталонных для изучения процессов рудообразования и существенно расширяет перспективы промышленного освоения этого района.

В конце 40-х годов в районе проводились работы по поискам урановых месторождений. При проверке аномалий были обнаружены мелкие месторождения урана; Мраморное, Читкандинское, Сюльбанское и ряд еще более мелких проявлений. Именно при поисках урана было открыто Удоканское месторождение медистых песчаников Е.И. Буровой в 1949 г. Далее последовательные другие открытия. Расширялся круг полезных элементов. На Чинейском массиве были открыты титаномагнетитовые руды в 1938 году М.Н. Петрушевичем и Л.И. Казик, далее никель-медные месторождения (Рудное, Верхне-Чинейское, Сквозное, Контактное), затем в них планомерными работами геологов Удоканской экспедиции, при участии ученых НИИ были установлены промышленные концентрации металлов платиновой группы, серебра, золота и других металлов. В конце 90-х была обнаружена уран-редкоземельная минерализация в пропилитах по титаномагнетитовым рудам месторождения Этырко.

В 60-70 годы были открыты крупные (Ункур, Правоингамакитское, Саку, Красное, Бурпала) и многочисленные мелкие месторождения, относимые к формации медистых песчаников. К некоторым из них возвращались повторно (Ункур, Праингамакитское, Саку), но преобладавшие представления о первично осадочном происхождении сульфидных руд в осадочных породах не позволили дать им объективную оценку.

Нами на Правоингамакитском месторождении доказано гидротермальное происхождение сульфидных руд. В рудах Озерного участка Удоканского месторождения обнаружена редкоземельная минерализация, в секущих халькозин-борнит-кварцевых жилах установлены

более высокие концентрации урана и свинца по сравнению с субсогласными с напластованием линзах халькозин-борнитовых руд. Каемки окислов урана по периферии халькопиритовых зерен установлены на Ункурском месторождении. Палладий-уран-редкоземельная минерализация была установлена (Кнауф и др., 2001) в альбитизированных песчаниках на контакте с дайкой микроаббро. Впервые полученный более молодой (160 млн лет, Perell'о e.a., 2016) изотопный возраст сфенов субсогласных с напластованием и секущих халькозин-борнит-кварцевых жил равный $1896,2 \pm 6,2$ млн лет, объясняется авторами региональным метаморфизмом, хотя логичнее было бы связывать их образование с гидротермальными процессами завершения кристаллизации ультрабазит-базитовых магм в рядом расположенных магматических камерах – Майлавском и Чинейском расслоенном массивах. В расслоенных массивах синхронно происходило образование сульфидных руд (месторождения Рудное, Контактное и др.).

В западной части Чинейского массива в скважинах № 8, 92, 95 и на поверхности была установлена промышленная урановая минерализация. Интенсивность аномалий 1200-1300 мкр/час. На поверхности также были обнаружены радиоактивные аномалии интенсивностью более 700 мкр/час, в борздовых пробах определены содержания урана около 0,06-0,1%, редких земель 1-1,75% (Макарьев и др., 2009, 2010). Уранового оруденения приурочено к субпластовым зонам пропицитизации в породах железистой серии Чинейского массива, приуроченных к пироксен-титаномагнетитовым рудным телам Fe-Ti-V месторождения Этырко. Ураноносные пропициты иногда нацело состоят из новообразований сфена, перовскита, эпидота, цоизита, рудных минералов, в меньшей степени хлорита, кальцита, серпентина и др. Сфен и перовскит иногда становятся главными породообразующими минералами. В осадочных породах еще в 50-е годы в альбитизированных магнетитовых песчаниках и альбититах вдоль тектонических зон было установлено Читкандинское месторождение урана и многочисленные рудопроявления. Находки урановой минерализации на Ункурском месторождении, редкоземельных минералов в массивных халькозин-борнитовых рудах на участке Озерном Удоканского месторождения, а также урана в секущих прожилках в районе штольни №2 позволяют предположить их генетическое родство.

Таким образом, уникальными особенностями Удокан-Чинейского рудного района является совмещение в пространстве месторождений Fe-Ti-V, Fe-Ag-Cu, Cu-PGE, U-REE руд залегающих в осадочных и магматических породах. В совокупности перечисленные месторождения имеют все признаки семейства железокислотно-золото-медных (IOCG) руд типа Олимпик Дэм, весьма экономически важных эндогенных рудных месторождений. Обычно к этой формации относят месторождения с не менее 20 об.% железокислых минералов – магнетита и/или гематита, и существенно обогащенных медью, золотом, а в ряде случаев – также ураном и/или редкоземельными элементами (Hitzman et al., 1992; Hitzman, 2000; Porter, 2000, 2002; Williams et al., 2005; Corriveau, 2007; Groves et al., 2010; Соловьев, 2011).

Литература

1. Гонгальский Б.И. Месторождения уникальной металлогенической провинции Северного Забайкалья. М. : ВИМС. 2015. 248 с.
2. Макарьев, Ю.Б. Миронов, С.К. Вояковский. О перспективах выявления новых типов промышленных комплексных урановых месторождений в Кодаро-Удоканской зоне (Забайкальский край, Россия). Геол. рудн. местор. 2010. Т. 52. № 5. С. 427-438.
3. Perell'о, Jos'e, Sillitoe, Richard H., Yakubchuk, Alexander S., Valencia, Victor A., Cornejo, Paula, Age and tectonic setting of the Udokan sedimenthosted copper-silver deposit, Transbaikalia, Russia, Ore Geology Reviews (2016), doi:10.1016/j.oregeorev.2016.11.004.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ДАЕК И РУДНЫХ ТЕЛ В МИСХАНО-ЗАНГЕЗУРСКОЙ ЗОНЕ МАЛОГО КАВКАЗА

Аббасов Н.А.

ruscina2012@yahoo.com, Бакинский государственный университет,
Баку, Республика Азербайджан

В палеогене ареалы интенсивной тектоно-магматической активности на Малом Кавказе от Гекча-Акеринской зоны постепенно перемещается на юг и на север к краевым частям Иранской и Закавказской плиты, где в результате многостадийных тектоно-магматических процессов формировались два позднеальпийских вулканоплутонических пояса: Мисхано-Зангезурский (Мисхано-Зангезур-Занджанский) и Алжаро-Триалет-Вандамский, которые представляют одноименные металлогенические зоны. Мисхано-Зангезур-Занджанская структурно-формационная зона развивалась на допалеогеновом основании, следовательно она в результате пространстве накладывается на все предыдущие комплексы. Исходя из этого, слагающие ее тектона-магматические обстановка и рудно-магматические формационные ассоциации помимо ее собственных границ встречаются в краевых частях Гекча-Акеринской, Сомхито-Карабахской и Болниссо-Агдамской зоны. Процесс формирования позднеальпийского рудно-магматическое ассоциации происходило в нескольких последовательных стадиях, отражавшейся в составе рудных и магматических формации: кварц-магнетитовой, кварц-молибденит-магнетитовой, кварц-молибденит-халькопировой, кварц-пирит-халькопировой, кварц-халькопирит-кобальтин-магнетитовой, кварц-галенит-сфалеритовой, кварц-карбонатной. Месторождений кварц-халькопирит-кобальтин-магнетитовое формации с марганцем парагенетические связаны с доорогенной базальт-андезит-дацитовой, вулканогенной и габбро-гранодиоритовой, плутонегенной формациями. Выделенные в составе данной формации минерально-промышленные типы руд образуют как самостоятельные, так и комбинированные рудные тела, которые по морфоструктурным особенностям относятся к трем (Жилообразные, линзообразные, пластообразные залежи кварц-пирит-кобальтин-халькопировых руд в скарнах на контакте изверженных и терригенно-карбонатных пород-скарновый; Штокверки, линзообразные, пластообразные залежи массивных, прожилково-выкрапленных кварц-пирит-халькопировой, полиметаллический руд в контакте вулканогенно-осадочных и вулканогенных пород с жилообразными, дайкообразными, пластообразными магматическими породами; Жилы, жильные зоны, реже штокверки кварц-пирит-молибденит-халькопировых руд в различных штокообразных, жильных, дайках и дайкообразных интрузивных породах) промышленным типам формаций. По В.М. Баба-заде, В.Г. Рамазанову и А.А. Масимову, медно-молибденовая и золото-полиметаллическая формации вместе с полиметаллическими образуют генетический ряд – рудный комплекс, который парагенетический связан с эоцен-миоценовой интрузивной деятельностью в Мисхано-Зангезурской зоне (2). При этом можно считать, что медно-молибденовая и золото-сульфидная минерализации формируются после внедрения даек аплита, гранодиорит-порфира, спессарти-та и диорит-порфирита который генетически связаны с глубинными магматическими очагами и обусловлены возникновением качественно отличных, обособленных очагов, которые отличаются соотношением полезных компонентов Mo, Cu, Au, Ag, Zn, Pb, As, Bi. Развитие рудных трещин во времени и пространстве наиболее полно может быть выявлено лишь путем изучения морфологии и внутреннего строения рудных тел, состав руд, соотношения жилы медно-молибденовой минерализации и даек гранодиорит-порфирированного и диорит-порфирированного состав. Рудные тела, возникающие в первом случаи, могут иметь неправильную, жилообразную, клинообразную и иную формы, а во втором – образуются трещинные жилы, штокверки и рудные тела межжильного пространства (рис. 1). Во многих случаях медно-молибден-порфирированных месторождениях Ордубадского рудного района они проявляются совместно. Формирование той или иной формы рудных тел представлено обычно разнообщенностью между собой и имеющих в общем (блоковую форму, углы пересечения) зоны трещиноватости как единую сплошную полосу. Разнонаправленные трещины заполняются

ранними относительно среднетемпературными, рудными отщеплениями магматического очага, а более низкотемпературные вполне согласуются с представлениями о развитии трещин, а также с наблюдениями даек магматических пород разного состава Мегри-Ордубадского полифазного плутона. Изучение даек магматических пород в связи со структурой и локализацией минерализованных участков рудного района во многих случаях позволяет устанавливать историческую последовательность развития структуры рудного поля и, следовательно, дает возможность решать вопрос о генезисе руд. Помогают этому пересечения разновозрастных даек и рудных тел и т.д. последовательность внедрения даек. А также и их формы помогают выяснению механизма образования магматических пород. В настоящее время довольно тесная пространственная связь медно-молибденовой руды с дайками гранодиорит-порфиритами, кварцевыми диорит-порфиритами магматически пород завершающей фазы Мегри-Ордубадского плутона признается многими исследователями [1, 2, 3]. Пояса даек являются наиболее надежным признаком, указывающим на существование зоны разломов. Пояса даек прослеживаются на несколько километров при ширине 1,5-3,5 км и местами достигают более 4 км. Возраст их и ориентировка как в Ордубадском рудном районе, так же Агюрт-Шелалинском рудном поле различные, также как и количество на различных участках рудного поля. Морфология дайкообразных вытянутых интрузивных тел и даек сложная: характерны клинообразные формы с изменениями мощности, резкими перегибами, свидетельствуют о формировании их в обстановке растяжения.

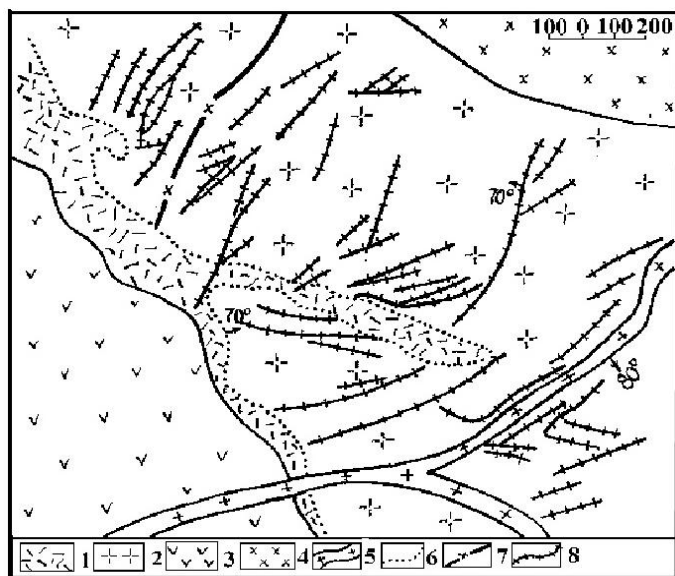


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Агюртского медно-молибденового месторождения.

1. Зоны интенсивно раздробленных, гидротермально-измененных пород. 2. Порфировидные граносиениты, -диориты. 3. Адамеллиты-кварцевые и безкварцевые диориты. 4. Монцонит-диоритовые порфиры, диориты. 5. Дайки гранодиорит-порфиры. 6. Границы контактово-метасоматические вторичные кварциты. 7. Главные Ордубадский разлом. 8. Медно-молибденовые жилы

Соотношения между дайками и дайкообразными интрузивными породами и золото-содержащими медно-молибден-порфировыми рудами значительно сложнее и многообразнее. Поэтому когда говорят о генетических взаимоотношениях медно-молибден-порфировых руд с определенными штоками, дайками, и дайкообразными телами, обычно имеют в виду рудообразования с определенными фазами гранитоидных комплексов. Дайки, фиксирующие две субмеридианальные и поперечные почти взаимно перпендикулярные системы нарушений, расчленяют площадь рудного поля на ряд обособленных блоков.

Литература

1. Аббасов Н.А. Особенности образование и закономерности размещения медно-молибден-порфировых месторождения Ордубадского рудного района : автореф. ... канд. г-м. наук, Баку, 2003.
2. Баба-Заде В.М., Рамазанов В.Г. Аббасов Н.А. и др. Минералого-геохимические факторы золотоносности руд медно-порфировых месторождений Ордубадского рудного района // В сб. БГУ. Сер. Естественных наук. Баку, 1999 г. № 3.
3. Пашков Ю.Н., Ефремова С.В. и др. О месте медного и молибденового оруденения в интрузивном процессе (на примере Каджаранского Cu-Mo месторождения) // Магматизм и полезные ископаемые. М. : Наука, 1975.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЗОЛОТОНОСНОЕ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ДРУГИХ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ В МИСХАНО-ЗАНГЕЗУРСКОЙ ЗОНЕ МАЛОГО КАВКАЗА

Аббасов Н.А.

russina2012@yahoo.com, Бакинский государственный университет,
Баку, Республика Азербайджан

Мисхано-Зангезурское зоне относится к числу важнейших объектов Малого Кавказа, где сосредоточены многочисленные месторождения и проявления медных, медно-молибденовых, полиметаллических, золотых и др. руд. Малый Кавказ представляет собой южный сегмент Кавказского сектора Альпийского складчатого пояса на неотектоническом этапе, располагается в области сжатия-коллизии. Обусловленного горизонтальными движениями Аравийской плиты со Скифского сегмента Евразийской плиты навстречу друг другу (Хайн В., Исмаил-зеде А., Ахмедбейли Ф.). Золото-меднопорфировое оруденение северо-восточной части Малого Кавказа проявилось в обстановке активной континентальной окраине, которые формировались также поздне триасовые и раннемеловые вулканы. Вулкано-плутонические комплексы активных окраин характерны для большинства районов медно-порфирового и золотосодержащего медно-порфирового оруденения Мисхано-Зангезура (Ордубад, Далидаг). Золотосодержащие месторождения медно-порфирового типа пространственно и генетически связаны с порфировыми, гранодиорит-порфировыми интрузиями (Баба-заде В.М., Рамазанов В.Г., Аббасов Н.А. 1999, 2003, 2005), При этом их промышленная ценность определяется не только повышенными содержаниями меди и молибдена, а также в ряде случаев золота и серебра. Золото-меднопорфировые месторождения нередко ассоциируются с серой, золотосеребряных эпитеpmальных и полиметаллических месторождений. Они сменяют друг-друга по вертикали и, по мнению многих авторов, связаны единой генетической системой. Медно-порфировые, золото-меднопорфировые, золотосеребряных эпитеpmальных и полиметаллических месторождения и рудопроявления Мисхано-Зангезурской зоне тесно связаны с процессами позднеколлозионной тектономагматической активизации юга Малого Кавказа и размещены в узлах пересечения субмеридиональных сквозных структур с широтными и северо-западными глубинными разломами, сопровождаемых рудогенерирующими самостоятельными порфировыми интрузивами и широкими ореолами метасоматических изменений вмещающих пород. Морфология рудных тел, естественно, обуславливается условием возникновения самих месторождений и зависит от ряда факторов тектонического, магматического, литологического и стратиграфического характера. Для медно-порфировых месторождении, главнейшими являются первые два фактора, определившие конфигурацию штокверковых порфировых интрузий и генетически связанных с ними такой же формы медно-молибденовых залежей. Важное значение имеет такие характер структурной подготовки вмещающей среды и уровень эрозийного среза интрузивного массива, коллозионного типа. Медно-порфировые и золото-меднопорфировые месторождения рудного зона характеризуются многими общими чертами. Структурный каркас для них предопределяются наличием разрывных нарушений разного порядка, комплексом вовлеченных в складки вулканогенно-осадочных пород, а также дайко- и штокообразными телами гранодиорит-порфирового интрузива. В центральной части и в крайне северном окончании Мисхано-Зангезурской зоне преобладают разрывы северо-западного простирания, которые начиная от эоцена до послеолигоценного времени, неоднократно обновляя вмещают вулканические постройки, а также отбивают контакты различных интрузивов. Мисхано-Зангезурской зоны происходило в верхнем эоцене-миоцене в тесной связи с гранитоидными интрузиями орогенной стадии развития, в особенности с порфировыми дифференциатами последней фазы внедрения. Золотоносное медно-порфировые, золото-меднопорфировые, медно-порфировые месторождения пространственно сопряжены с проявлениями других полезных ископаемых в частности колче-

данных, полиметаллических, золотых и др., формировавшихся в близких геолого-тектонических условиях. В Парагачайском медно-молибденовом месторождении Ордубадского рудного района золоторудные жилы северо-восточного направления (Мунунда)наложены на медно-молибденовые и пересекают их. На небольшом удалении от Парагачая расположены Агдаринское, Насирвазское и Ковурмадаринское золотосодержащие колчеданно-полиметаллические месторождения, генетически связанные по всей вероятности с пост-вулканической деятельностью среднеэоценового вулканизма. В центральной и северо-восточной частях рудного района к гранитоидному массиву приурочены Мисдагское медное (жильного типа), Диахчайское, Шелалинское, Яшыллыгское медно-порфиоровые, Агюртское золото-медно-молибденовые месторождения. В экзоконтактовой части батолита размещены Пъязбашинское, Шакардаринское, Кялякинское золоторудные месторождения и т.д. На северной части Мисхано-Зангезурской зоне по своим физико-механическим свойствам резко отличаются от вмещающих их пород и являются благоприятными для локализация медно-молибденовой оруденений представлено главным образом прожилково-вкрашенным типом, подчиненное значение имеет жильный тип. При этом рудные концентрации сосредоточены в эндо и экзоконтактовой зоне Далидагского интрузивного массива, а временна проявления медно-молибден-порфиоровых руд соответствует завершающей стадии формирования гранитоидного интрузива. В.Г.Рамазанов (2004) отмечают здесь четкий контроль оруденения со стороны даек кварц-диоритовых порфиритов, являющихся продуктами завершающей стадии гранитоидного магматизма в центральной и юго-западной част и упомянутой зоне. При этом рудные жилы и дайки приурочены к одному и тем же системам трещин. Комплексным исследованиями интрузивных пород, гидротермально-метасоматических образований и медно-молибденовых оруденения проведенными большим коллективом геологов ИГЕМ АН РФ под руководством С.В. Ефремова (1984), Ф.К. Шупулинова (1974), В.И. Рехарского (1976), С.А. Пашкова (1975) и др., установлено, что медно-молибденовое минерализации проявившиеся после даек аплитов, разорваны во времени образования внедрением даек олигоклазовых кварцевых-диоритов. Часть исследователей (Т.М. Лягин, С.Е. Гулаева 1953) на примере Каджаранского месторождения дайки Зангезура считали пострудными, другие (М.П. Исаенко и др. 1975) наоборот, все дайки Зангезурского рудного относят к дорудными образованиям. Таким образом, можно прийти к заключению, что пространственно совмещенные и тесно связанные друг с другом эти месторождения, за исключением вулканогенно-колчеданных, представляют собой отдельные звенья единой рудно-метасоматической системы, примерно зонально расположенных по отношению к главному интрузивному массиву Мегри-Ордубадского плутона. При этом ряд зональности эндогенных месторождений руд выглядит следующим образом: медно-молибденовые (Парагачай, Капуджих, Мисдаг, Шелале, Диахчай и др.) - золотоносные медно-молибденовые (Агюрт, Мунундара) - собственно золоторудные на экзоконтактовой полосе (Пъязбаши, Шакардара, Башюрт, Кяляки и др.).

Литература

1. Аббасов Н.А. Особенности образование и закономерности размещения медно-молибден-порфиоровых месторождения Ордубадского рудного района : автореф. дисс. ... канд. г.-м. наук, Баку, 2003.
2. Баба-Заде В.М., Рамазанов В.Г. Аббасов Н.А. и др. Минералого-геохимические факторы золотоносности руд медно-порфиоровых месторождений Ордубадского рудного района // В сб. БГУ. Сер. Естественных наук. Баку, 1999 г. № 3.
3. Пашков Ю.Н., Ефремова С.В. и др. О месте медного и молибденового оруденения в интрузивном процессе (на примере Каджаранского Cu-Mo месторождения) // Магматизм и полезные ископаемые. М. : Наука, 1975.
4. Исмаил-Заде А.Д., Рустамов М.И., Кеичерли Т.Н. Аразская мегазона (Малый Кавказ) // Геология Азербайджана. Т. IV. Тектоника. Баку, 2005, с. 338-359.
5. Рамазанов В.Г. Медно-порфиоровая формация Азербайджана : автореф. дисс. ... доктора г.-м. наук. Тбилиси, 1993.

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Верчеба А.А., Пилипенко Г.Н.

aa_ver@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Современное состояние мировой минерально-сырьевой базы урана отличается тем, что существенная доля запасов руды локализована в крупнотоннажных месторождениях комплексных золотоурановых руд (Австралия, ЮАР, Канада, Россия и др.), где уран уже добывается попутно как (byproduct) или может разрабатываться с применением способов физико-химической геотехнологии.

На территории России к типу комплексных золотоурановых руд относятся месторождения Эльконского рудного района, в том числе месторождение «Зона Южная», ресурсный потенциал урана которых оценен в 380 тыс. тонн, что составляет более 60% разведанных запасов урана на всей территории страны [1]. Эльконский рудный район относится к территориям опережающего экономического развития, освоение которых является важнейшей государственной задачей на ближайшие годы.

В выявленных на территории Эльконского рудного района около 80 золотоурановых тектонических зонах, крупнейшие из которых имеют северо-западное простирание и крутое юго-западное падение, было разведано 14 месторождений. Пять из этих месторождений, детально разведанных по промышленным категориям, располагаются в крупнейшей рудной зоне района – Южной, имеющую непрерывную протяженность оруденения в 20 км, содержащей подавляющую часть разведанных в нём запасов урана и золота.

Золотоурановые месторождения, как и все крупнейшие уникальные месторождения мира, обладают рядом, в том числе, неблагоприятных особенностей, которые могут отрицательно влиять на эффективность их разработки.

С одной стороны, это сложная морфология крупномасштабного комплексного золото-уранового оруденения, которая связана с его присутствием в мощных весьма протяженных непрерывных кулисообразных зонах золотоносных пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, названных нами эльконитами, на которые наложены тоже в целом протяженные выдержанные серии многочисленных маломощных урановорудных швов, имеющих исходный браннеритовый состав [3].

Другой важной особенностью руд Эльконского рудного района, снижающих эффективность освоения, является, сложный вещественный состав. Эти руды в основном сложены золотоносными пирит-карбонат-калишпатовыми метасоматитами-эльконитами с тонким скрытокристаллическим золотоносным пиритом, на которые накладывается урановая минерализация, локализованная в субпараллельных сериях тонких кулисообразных микро-брекчиевых швов и вкрапленности, залегающих внутри золотоносных метасоматитов. Ранее считалось, что урановая минерализация в основном представлена упорным для технологического разложения черным первичным титанатом урана – браннеритом [5].

Начатые подготовительные работы по освоению важнейших месторождений эльконского типа и строительство на их базе Эльконского горно-металлургического комбината (ЭГМК) приостановлены. Причина, очевидно, состоит в том, что помимо сложного геологического строения и наличия технологически упорных урановых руд, эти месторождения рассматриваются как недостаточно инвестиционно-привлекательные в связи с падением за последние 2-3 года спотовых цен на уран с 50 \$/lb до 26 \$/lb.

Следует отметить, что помимо содержания урана до 0,150 %, доказана золотоносность калишпатовых околорудных метасоматитов и наложенным на них золотоурановым оруденением. Содержание золота в контуре рудных тел 0,7-1,5 г/т. Кроме золота содержание серебра в рудных телах зоны колеблется от 6 до 13 г/т, в среднем 10 г/т.

Положительное влияние на инвестиционную привлекательность золотоурановых месторождений может оказывать геолого-экономическая оценка планируемых крупных

объемов горной массы, содержащей около 1,0 г/т золота после радиометрической сортировки руды. При проектируемых весьма крупных объемах добычи руд количество попутно добываемой золотоносной горной массы будет весьма большим. При современных ценах на золото это будет способствовать повышению инвестиционной привлекательности руд Эльконского горста и позволяет рассматривать отвалы как потенциальные техногенные золоторудные месторождения.

Некоторые рудные отвалы были сформированы ранее в пределах горного отвода месторождений после проходки геологоразведочных канав, объемом более 1,3 млн м³. Многотоннажные отвалы, содержащие рудные компоненты, были образованы в результате отдельного складирования добываемой руды из подземных горных выработок (60 п. км), вскрывавших зону Южная на участках месторождений Эльконское плато и Курунг. Калищатовый состав метасоматитов и золотоурановых руд определяет их важную особенность – высокую устойчивость в зоне гипергенеза. Радиоэкологическое обследование крупных отвалов шахт, недавно проведенное московскими и якутскими специалистами, не выявило значительного загрязнения не только поверхности вблизи отвалов, несмотря на столь длительное нахождение их в условиях северного климата, но и непосредственно вытекающих из-под отвалов водотоков.

Оценка ресурсов золота и урана, сохранившихся в этих отвалах после многолетнего хранения и изменений вследствие экзогенных факторов должна быть произведена вне зависимости от срока предполагаемой разработки месторождений.

С учетом новых данных [2, 4] рекомендуется доработать и заново рассмотреть технико-технологические вопросы добычи руды основным крупным уклоном, проходимым от месторождения Элькон с двусторонней автотранспортировкой горной массы и руды; ее радиометрической сортировкой на руды разных сортов, предназначенных для последующих этапов переработки с экологически допустимым складированием их на поверхности. Следует предусмотреть проведения комплексной золото-сульфидно-браннеритовой флотации руды с выделением Au-U (сульфидно-браннеритового – упорного для выщелачивания урана (выход – 15%)) концентрата и собственно урановой руды с эндогенно разложенным браннеритом в хвостах флотации (выход – 85%). Раздельная переработка этих продуктов с получением из них Au, Ag и U (из концентратов флотации) и основного урана из хвостов флотации, возможно позволит использовать технологию выщелачивания урана содовыми растворами.

Литература

1. Машковцев Г.А., Константинов А.К., Мигута А.К., Шумилин М.В., Щеточкин В.Н. Уран Российских недр. М. : ВИМС, 2010. 850 с.
2. Пилипенко Г.Н., Верчеба А.А. О возможности применения содового выщелачивания при переработке золотоурановых (браннеритовых) руд Эльконского горста. Инф. сб.: Материалы по геол. мест. урана. 2010. Вып. 155. С. 88-98.
3. Пилипенко Г.Н., Верчеба А.А. Комплекс инновационных решений, обеспечивающих эффективное освоение крупнейших золотоурановых месторождений Эльконского района (Якутия). Сб. тр. III между. симпозиума «Уран: геология, ресурсы, производство». М., 2013. С. 218-235.
4. Пилипенко Г.Н., Верчеба А.А., Ермаков А.Г. Рациональное освоение комплексных золотоурановых месторождений Эльконского горста – надежная перспектива существенного увеличения добычи урана в России // Рациональное освоение недр., 2012, № 6. С. 8-13.
5. Пилипенко Г.Н., Верчеба А.А. Инвестиционный потенциал крупнейших золотоурановых месторождений эльконского типа // Разведка и охрана недр, 2016, №5.

МИНЕРАЛЫ СПУТНИКИ АЛМАЗА В ПИЖЕМСКОМ ТИТАНОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (СРЕДНИЙ ТИМАН)

Макеев А.Б.

abmakeev@mail.ru, ИГЕМ РАН, Москва, Россия

Пижемское месторождение титановых руд на Среднем Тимане локализовано в пределах Пижемской депрессии на севере Вольско-Вымской гряды на площади около 90 км². Титаноносные песчаники слагают малоручейскую толщу, которая распространена локально (6×18 км) и залегает с угловым и стратиграфическим несогласием на метаморфических породах (глинистых сланцах) позднего протерозоя (PR₂). Перекрывается титаноносная толща аллювиально-дельтовыми кварцевыми песчаниками стекольного качества среднедевонского возраста (D_{2pz}) и вулканогенно-осадочной толщей позднего девона (D_{3gr}), включающей базальтовые покровы мощностью до 10 м и их туфы. Так как титаноносные песчаники не содержат руководящих окаменелостей, то ранее их возраст по положению в разрезе считался среднедевонским. Изотопными исследованиями нам удалось доказать дофанерозойский возраст рудной толщи (Чернышев и др., 2010; Макеев и др., 2016). В базальной части вышележащих среднедевонских песчаников залезает конглобрекчиевый пласт с алмаз-золото-редкоземельно-редкометалльно-титановой минерализацией, который имеет пятнисто-струйчатый характер распространения и переменную мощность 0,4-1,5 м, известный как проявление Ичетью (Макеев, Дудар, 2001). Широкую известность проявление Ичетью снискало благодаря своим кривогранным алмазам уральско-бразильского типа ювелирного качества и металлическим пленкам на их поверхности (Макеев, Филиппов, 1999).

Геологическое строение малоручейской толщи и минералогические особенности титановых руд Пижемского месторождения близки Ярегскому месторождению Южного Тимана, но пижемские лейкоксен-кварцевые песчаники не содержат нефти, а их близповерхностное залегание позволит обрабатывать месторождение карьером (Макеев и др., 2012). В тяжелой фракции из титановых фаз преобладает лейкоксен, содержание его в песчаниках достигает 10-15 мас.%. Для рудных песчаников характерна наложенная сидеритизация, каолинизация и ожелезнение в виде гематита и гетита. Мощность рудной толщи 10–90 м, что определяется палеорельефом.

В процессе исследований фазового состава рудных концентратов песчаников Пижемского титанового месторождения было диагностировано более 30 минеральных фаз (Макеев, 2016): ильменит, пикроильменит, рутил, Fe-рутил (нигрин), «псевдорутил», лейкоксен, высокониобиевый рутил («ильменорутил»), высокотанталовый рутил («струверит»), колумбит, монацит-куларит, ксенотим, флоренсит, апатит, циркон, гематит, хромит, алюмохромит, хромпикотит, герцинит, кварц, турмалин (шерл, дравит), амфиболы (5 разновидностей), гранат (ряда кноррингит-пироп-мейджорит-альмандин), слюда ФАСИ (ряда флогопит-аннит-сидерофиллит-истонит), гидромусковит (серицит), каолинит, хлорит (шамозит), сидерит, пирит, арсенопирит, ферросилит, муассанит (SiC). Главные рудные титановые минеральные фазы – ильменит, Fe-рутил, «псевдорутил» и лейкоксен распространенные в соотношении (2:3:10:25) не имеют строгой сортировки и ориентировки зерен в объеме песчаников, как и остроугольные зёрна кластогенного кварца. Цементом рудных песчаников являются гематит, сидерит, гидромусковит, каолинит и гидроксиды железа. Сидерит нередко образует тонкие прожилки толщиной до 1-2 мм. Все это свидетельствует о близком расположении коренного источника и участии гидротерм в процессе образования и преобразования руд.

Хромшпинелиды в титановых концентратах были встречены нами впервые. Состав минералов этой группы охарактеризован 52 микрондовыми анализами, они сгруппировались в три компактные химико-генетические разновидности с узкой изменчивостью состава. Здесь выделяются высокохромистые пикрохромиты величиной 0.25-0.75 мм – причудливые чёрные зёрна в сростании с оливином. Глинозёмистые разности – алюмохромит и

хромпикотит (бурые и тёмно-коричневые зёрна размером 0.35–0.60 мм). Герциниты (зелёные зёрна и обломки кристаллов размером 0.3–0.5 мм с включениями пирита). Все хромшпинелиды немагнитные или слабо магнитные. Химический состав высокохромистого (63–65 мас.% Cr₂O₃) магнезиального хромита в сростании с оливином (8–9 мол.% фаялитового минала) свидетельствует об их кимберлитовом алмазоносном парагенезисе. Аллюмохромит и хромпикотит повторяют состав глиноземистых хромшпинелидов проявления Ичетью и, наиболее вероятно, происходят из лампрофиров (спессартитов и керсантитов). Зелёные цинкистые герциниты – типоморфные минералы верлитов, которые в виде крупных включений ксенолитов часто встречаются в тех же лампрофирах Четласского Камня (Макеев и др., 2008).

Гранаты ранее не были диагностированы в титаноносных песчаниках, хотя в выше лежащих среднедевонских песчаниках и конглобрекции проявления Ичетью они широко распространены и представлены пироп-альмандинами, альмандин-гроссулярами и гроссуляр-альмандин-спессартинами (Макеев, Магазина, 2014). В сероцветных титаноносных песчаниках нами впервые обнаружено зерно граната величиной 210×330 мкм. Состав его отвечает редкому виду явно мантийного альмандина с высокими долями миналов кноррингита (6,4), пироба (24,2) и меджорита (28,8 мол.%). Такие гранаты с меджоритовой компонентой были обнаружены нами ранее (Брянчанинова, Макеев, 2009) в лампрофирах Четласского Камня.

Диагностированы редкие зерна муассанита SiC и ферросилита Fe₂(Si₂O₆), которые являются индикаторами восстановительной среды, их часто находят в алмазоносной кимберлитовой породе вместе с другими минералами-спутниками алмаза.

Выводы. В рудных концентратах малоручейской титаноносной толщи обнаружены шесть надёжных минералов-индикаторов алмазоносности этих пород – пикроильменит, пикрохромит, оливин, гранат с кноррингит-пироп-меджоритовой компонентой, муассанит и ферросилит, что даёт основание спроектировать и провести здесь поисковые исследования с целью обнаружения промышленных концентраций алмаза. Наиболее перспективными для этого мы считаем базальные гравелиты рудной толщи Пижемского месторождения.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы НИР ИГЕМ РАН № 72-8 «Эволюция россыпеобразующих систем в процессе литогенеза: от мобилизации вещества до россыпей дальнего сноса».

Литература

1. Брянчанинова Н.И., Макеев А.Б. Гранат пироп-меджоритового ряда из лампрофиров Среднего Тимана // Новые данные о минералах, 2009. Вып. 44. С. 5-10.
2. Макеев А.Б. Типоморфные особенности минералов титановых руд Пижемского месторождения // Минералогия, 2016. № 1. С. 24-49.
3. Макеев А.Б., Дудар В.А. Минералогия алмазов Тимана. СПб: Наука, 2001. 336 с.
4. Макеев А.Б., Дудар В.А., Самарова Г.С., Быховский Л.З., Тигунов Л.П. Пижемское титановое месторождение (Средний Тиман): аспекты геологического строения и освоения // Рудник будущего, 2012. № 1(9). С. 16-24.
5. Макеев А.Б., Лебедев В.А., Брянчанинова Н.И. Магматиты Среднего Тимана. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2008. 348 с.
6. Макеев А.Б. Магазина Л.О. Типоморфизм минералов переменного состава проявления Ичетью // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: ИГ Коми НЦУрО РАН, 2014. С. 323-325.
7. Макеев А.Б., Филиппов В.Н. Металлические пленки на природных алмазах (месторождение Ичетью, Средний Тиман) // Докл. РАН, 1999. Т. 368. № 6. С. 808-812.
8. Чернышев И.В., Макеев А.Б., Гольцман Ю.В., Брянчанинова Н.И. Возраст титановых месторождений Северо-Востока Восточно-Европейской платформы: Rb-Sr-данные // Докл. РАН, 2010. Т. 435. № 3. С. 378-383.

ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНО-РИФТОГЕННЫЙ МАГМАТИЗМ С-З ЧИНГИЗА И ЕГО РУДОНОСНОСТЬ

Малютин С.А.

geopoisk2013@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Небольшие редкометалльные и урановые рудопроявления в породах девонской липаритовой формации в С-З части Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория, примыкающей к Центрально-Казахстанскому разлому, были известны с середины прошлого века, однако их связь с позднепалеозойскими континентально-рифтогенными структурами Центральной Азии в то время не рассматривалась.

Проведенное позже детальное картирование вулканических сооружений показало, что на их площади распространены экструзивные, субвулканические и гипабиссальные тела повышенной щелочности, резко отличающиеся по составу, петрографическим и геохимическим особенностям от девонских вулканитов.

Эти тела объединены в единый многофазный вулканогенно-интрузивный комплекс пермского возраста. В его состав включены (от ранних фаз к поздним): трахириодациты (не менее 2-х фаз внедрения), щелочные граносиениты, комендиты, щелочные граниты и дайки грорудитов. Комагматичность субвулканических и интрузивных образований доказана сходством минерального состава и геохимических особенностей. Пермский возраст обоснован данными геохронологических определений К-Аг методом щелочных гранитов и фактами прорывания трахириодацитами и комендитами осадочных отложений $D_{2,3}$ и D_3-C_1 .

Всепороды щелочного комплекса характеризуются повышенными концентрациями Nb, Zr, Li, TR, Th и U, что сближает их с соответствующими породами Центрально-Азиатской континентально-рифтогенной системы [1]. Эта система возникла в результате продвижения в процессе субдукции, с юга на север, широтной океанической рифтовой зоны, расположенной в литосферной плите Палеотетиса, под позднепалеозойский Северо-Азиатский континент. По мере продвижения зоны на континенте возникали последовательно образовавшиеся рифтогенные структуры, обусловленные влиянием продолжавшего развиваться мантийного диапира [2,3].

В пользу рифтогенного происхождения щелочного вулканогенно-интрузивного комплекса свидетельствует, также, близкое пространственное расположение западного фланга Гоби-Алтайской – Северо-Прибалхашской рифтогенной структуры в Джунгаро-Балхашской области герцинид. Этот фланг представлен рядом вулканических полей, сложенных породами бимодальной трахибазальт-комендитовой формации курайлинской свиты перми, сопровождающейся интрузиями щелочных гранитоидов и дайковыми поясами пермского возраста (Баканасская структура и др.). Он имеет северо-западное простирание и протягивается от границы с Китаем вплоть до поперечного Центрально-Казахстанского разлома меридионального простирания. Здесь с севера к нему и примыкает меридиональная полоса развития щелочных пород С-З Чингиза, пересекающая каледониды Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория и протягивающаяся от Чингиз-Балхашского разлома на юге до Калба-Чингизского разлома на севере на расстояние более 300 км.

Магматическая деятельность в пределах меридиональной полосы распространения щелочных пород завершалась внедрением даек микрогаббро-диоритов, микродиоритов и лампрофиров. В Глеумбетском массиве щелочных гранитов наблюдается протяженный меридиональный пояс параллельных даек лампрофиров, что является весьма характерным для рифтогенных структур. Эти дайки, по-видимому, относятся к самостоятельному комплексу даек регионального распространения пермского возраста.

Гидротермальная минерализация, развитая в пределах девонских вулканических сооружений, является многоэтапной.

К раннему этапу, связанному с девонским вулканизмом, относится формирование обширных полей вторичных кварцитов и пропицитов.

С пермским вулканогенно-интрузивным комплексом связаны разнообразные метасоматиты. К экструзивным и субвулканическим телам комендитов приурочены обширные поля и зоны флогопит-гематитовых метасоматитов, характеризующиеся геохимическими ореолами Nb, Zr, Be, TR и радиоактивными аномалиями уран-ториевой природы. На участке бериллиевого рудопоявления в массиве Тлеумбет, относящегося к редкометалльно-альбититовой формации, выделено несколько типов метасоматитов, возникших в следующей последовательности: 1) калишпатизированные породы; 2) альбитизированные породы с вкрапленностью фенакита, гельвина, бертрандита, танталита-колумбита и других минералов; 3) зоны флогопит-гематитовых метасоматитов небольшой мощности; 4) маломощные зоны кварц-мусковитовых грейзенов; 5) кварц-флюоритовые прожилки. Аналогичные соотношения альбититов и флогопит-гематитовых метасоматитов установлены и в других массивах щелочных гранитов. Отмеченные типы метасоматитов некоторыми исследователями рассматриваются как части единой метасоматической колонки, однако их пространственная разобщенность на отдельных участках и случаи пересечения ранних ассоциаций более поздними, скорее, свидетельствуют о стадийном характере минерализации этого этапа.

Минерализация позднего этапа, развитая как в девонских вулканогенных породах, так и приуроченная к экструзивным и субвулканическим телам комендитов, проявилась вслед за внедрением даек микрогаббро-диоритов, микродиоритов и лампрофиров. Она представлена зонами кварц-альбитовых метасоматитов и березитов, к которым приурочены, соответственно, уран-фосфорные и сульфидно-урановые рудопоявления.

Уран-фосфорные и сульфидно-урановые рудопоявления, хотя и встречаются совместно в некоторых сооружениях, чаще пространственно разобщены. Руды уран-фосфорных проявлений сложены двумя минеральными ассоциациями: ранней гематит-фторопатитовой и поздней кварц-альбитовой. Ранняя выполняет миндалины и трещины, а поздняя развивается путем замещения минералов вмещающих пород, образуя широкие зоны кварц-альбитовых метасоматитов. Сульфидно-урановые проявления распространены более широко. Рудные тела имеют форму штокверков. Их минеральный состав представлен уранинитом, настураном, пиритом, молибденитом, галенитом и марказитом. Сульфидно-настурановой минерализации предшествовало формирование зон пиритизированных пород, сходных с березитами, а также кварц-пиритовых и халькопирит-тетраэдритовых жил и прожилков. Наиболее поздними являются кварц-баритовые, кварц-флюоритовые и кварц-карбонатные прожилки. По отношению к уран-фосфорной минерализации сульфидно-урановое оруденение является более поздним, хотя и рассматривается вместе с ней в рамках единого многостадийного этапа.

Выявленная связь щелочного вулканогенно-интрузивного комплекса, редкометалльного и уранового оруденения С-З Чингизас позднепалеозойским континентальным рифтогенезом позволит дать более полную металлогеническую характеристику континентально-рифтогенной системы Центральной Азии, в которой урановое оруденение ранее не отмечалось. Кроме того, наличие уран-фосфорных и сульфидно-урановых проявлений, связанных с континентальным рифтогенезом, повышает перспективность всей Центрально-Азиатской системы на открытие промышленных урановых месторождений, которая в настоящее время оценивается отрицательно [4].

Литература

1. Малютин С.А. Позднепалеозойские вулcano-плутонические ассоциации северо-запада Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория и оруденение // Известия вузов. Геология и разведка. 2013. №6. С.13-24.
2. Ярмолюк В.В. Позднепалеозойский вулканизм континентальных рифтогенных структур Центральной Азии. М. : Наука, 1983. 190 с.
3. Ярмолюк В.В. Коваленко В.И. Рифтогенный магматизм активных континентальных окраин и его рудоносность. М. : Наука, 1991. 163 с.
4. Миронов Ю.Б. Уран Монголии. Изд. второе. СПб. : Изд-во «Анатолия». 2006. 326 с.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ РАЙОНОВ В СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСАХ ЮЖНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Савчук Ю.С.

yurasavchuk@yandex.ru, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

В публикации обсуждаются результаты работ по теме «Металлогения уникальных рудных районов вулканогенных поясов и зон орогенеза различного возраста окраинноморской литосферы Северо-востока Азии (тема 72-5)». Коллизионные зоны разных возрастов являются одними из главных геотектонических элементов складчатого фундамента и в них заключены значительные минеральные ресурсы. Эти глобальные структуры имеют сложное строение, в них выделяются активные окраины и аккреционные призмы, образованные различными структурно-вещественными комплексами и обладающие разным стилем тектоники и контрастной металлогенией. К аккреционным призмам – складчатым поясам – приурочены многие гигантские и крупные месторождения минерального сырья, в том числе золотых руд. Объектом нашего исследования выбраны аккреционные призмы Южного Тянь-Шаня и Верхояно-Колымской области.

Анализ позиций и структурно-вещественных особенностей золотых месторождений аккреционных призм однозначно устанавливает их эпигенетическое происхождение, связанное с субдукционно-коллизионными процессами. На месторождениях развиты различные вещественные и морфоструктурные типы золотого оруденения, что определяется, в том числе, вариациями литологического состава рудовмещающих формаций и морфологии контролирующих тектонических нарушений. Закономерности заложения последних (места образования, взаимоотношения между собой, зональность и масштабность развития и т.д.) обусловлены ходом геодинамической эволюции. Установление приуроченности золотой минерализации к геодинамическим и деформационным структурам определенных типов и стадий, позволяет определять факторы рудообразования и осуществлять прогноз.

Геодинамическая эволюция формаций, слагающих складчатые пояса, отражает собой историю палеобассейнов с корой океанического типа, раскрывавшихся и закрывавшихся в различное время. Поэтому сейчас мы имеем дело с формациями, образованными или в различных фациальных зонах этих палеобассейнов, или в результате их закрытия и сохранившихся в аккреционных призмах. Обычно это флишоидно-турбидитные (иногда с олистостромовыми горизонтами), часто черносланцевые отложения, а также вулканогенно-осадочные образования. Реже сохраняются чешуи офиолитовых разрезов и метаморфических сланцев. В соответствии с направленностью общей геодинамической эволюции, при закрытии палеобассейнов, вначале идет субдукционная стадия, затем коллизионная. Для субдукционной стадии, главной структурой которой является поверхность срыва в основании пластин (детачмент), характерны пологие тектонические нарушения – шарьяжи между аллохтонными структурно-вещественными комплексами и осложняющие вязкие разрывы, которые в ряде случаев являются рудоконтролирующими. В коллизионную (а чаще, коллизионно-транспрессионную) стадию, в обстановке нарастающего сжатия со значительной сдвиговой компонентой, возникают системы продольных взбросо-сдвигов, а также поперечные сдвиги. Эти нарушения также контролируют размещение месторождений золота. В постколлизионную стадию происходит образование собственных нарушений и подновление более ранних. Как отмечалось выше, основные рудообразующие процессы, носят явно наложенный, гидротермальный характер и проявлялись во время субдукции, коллизии и последующей постколлизионной (внутриплитной) стадии.

Сравнение эволюции развития структур субдукционной и коллизионной стадии шарьяжно-складчатых сооружений Южного Тянь-Шаня и Верхояно-Колымской области, показывает некоторые различия в основных геодинамических характеристиках. Они отличаются по времени раскрытия/закрытия и длительности существования палеобассейнов.

При закрытии палеобассейнов в одном случае возникает активная окраина андийского типа (Срединный Тянь-Шань), в другом – островные вулканические дуги (Алазейская, Уяндино-Ясачненская). Строение ложа палеобассейнов обусловило резкие различия в составе аллохтонных СВК и присутствие в Верхояно-Колымском складчатом поясе фрагментов образований двух палеобассейнов, разделенных чешуями метаморфитов. Структуры аккреционных призм и шарьяжно-складчатых поясов в принципе однотипны, но Южно-Верхоянская, наряду со своими сравнительно небольшими размерами, характеризуется небольшой мощностью аллохтонных чешуй. На поздних этапах коллизионного развития заметно проявилось косое взаимодействие плит – во всех сооружениях развиты продольные коллизионно-транспрессионные нарушения, иногда выраженные магистральными зонами, и трассирующиеся по ряду структурно-вещественных признаков. Поперечные нарушения фиксируются реже, но обычно предполагаются по косвенным данным

Таким образом, на фоне значительных, а порой и коренных, различий, наблюдается главное сходство в геодинамическом развитии рассмотренных территорий – это субдукционный механизм закрытия палеобассейнов, а на поздних стадиях коллизионно-транспрессионная тектоника, что по нашему мнению корреспондировалось с исключительной однотипностью развитых в их пределах золоторудных месторождений.

Особенности строения золоторудных объектов Верхояно-Колымской складчатой области позволяют сделать ряд выводов:

1. Главные региональные разломы, контролирующие размещение основных рудных узлов, относятся к продольным коллизионно-транспрессионным нарушениям и меняют направление от северо-западного (Центрально-Колымский регион) и до близмеридионального и северо-восточного (Якутский регион).

2. Основными рудоконтролирующими структурами являются протяженные магистральные разломы, являющиеся поверхностным выражением региональных (глубинных) разломов – Адыча-Тенькинского, Чай-Юрьинского, Дебинско-Паутовского, Дарпирского и др.

3. Первоначальные перемещения в целом по коллизионно-транспрессионным зонам и по магистральным разломам – правосдвиговые, по-видимому, вызванные столкновением с Уяндино-Ясачненской вулканической дугой, смена знака на левосдвиговые перемещения – это вероятно, судя по широкому распространению в Южном Верхоянье левосдвиговых разломов, начало давления со стороны Кони-Мургальской дуги.

4. Правосдвиговые перемещения характеризуются самостоятельным набором структурных элементов: близмеридиональными синтетическими взбросо-сдвигами R_1 , северо-восточными сдвигами R_2 , близширотными приразломными складками, северо-восточными трещинами отрыва, надвиго-взбросами юго-восточной и близширотной ориентировки.

5. В последующем произошла смена знака перемещения на левосдвиговые и, соответственно, сменился структурный парагенез, образовались: северо-западные и запад-северо-западные синтетические взбросо-сдвиги R_1 , близмеридиональные и северо-восточные приразломные складки, северо-западные трещины отрыва и произошла трансформация ранее образованных надвиго-взбросов в листрические сбросо- и взбросо-сдвиги.

6. В ранний, правосдвиговый этап, трещинный парагенез контролирует внедрение дайкового комплекса (спессартиты, риолиты), что показывает глубинность процесса коллизионно-транспрессионных деформаций, достигшего детачмента и нижнекорового уровня.

7. Разломно-трещинный парагенез левосдвигового этапа (синтетические сдвиги R_1 , активизация перемещений по ранее образованным нарушениям, в т.ч. листрические сбросо- и взбросо-сдвиги) вмещает основную рудную золото-сульфидно-кварцевую минерализацию.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТО-МЕДНО-ПОРФИРОВОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ТЫРСКОЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Алексеев А.С. (научный руководитель Старостин Виктор Иванович)
aleksrybinsk@gmail.com, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Известный золоторудный район Нижнего Приамурья относится к северному окончанию Сихотэ-Алиньской складчатой системы. Для него характерно распространение золото-сульфидно-кварцевых, золото-кварцевых и золото-сульфидных рудопроявлений плутоногенной формации, а также золото-(серебро)-адуляр-кварцевых, золото-кварц-гидрослюдистых и золото-алунитовых рудопроявлений вулканогенных формаций. В пределах района известны золоторудные месторождения Албазино, Многовершинное, Белая Гора и др. Также немаловажным и перспективным типом для данного района являются золото-(молибден)-медно-порфиновые оруденения (Тырское, Ковриженское и Горбатый).

Тырское золото-медно-порфиговое рудопроявление располагается на правом берегу р. Амур у поселка Тыр и локализовано в экзоконтакте даек диоритового состава нижнеамурского комплекса с терригенными породами нижнего мела (песчаники и алевролиты). Основными рудными минералами (видимыми) являются халькопирит и пирит, представленные в виде прожилков и вкрапленников в породе, реже встречаются молибденит, борнит и блеклая руда. Гидротермально-метасоматические изменения на рудопроявлении относятся к 2 основным типам – калишпатизация и биотитизация (в центральных частях даек), серицитизация и окварцевание (в эндо- и экзоконтакте даек, преимущественно во вмещающих породах). Рудное тело представляет собой штокверк, приуроченный к зоне кварц-серицитового метасоматоза.

По результатам анализов (ICP-MS и пробирный на золото) керн скважин было выявлено, что полезными компонентами рудопроявления являются только медь (среднее содержание по скважинам 0.09%, максимальное – 1.2%) и золото (среднее содержание по скважинам 0.13 г/т, максимальное 13.61 г/т). Содержания молибдена и полиметаллов незначительны – несколько десятков г/т. При этом большую долю в расчет медного эквивалента ($Cu_{eq} = Cu\% * 0.6 Au$ г/т) привносит именно содержание золота. Одно из лучших пересечений встречено в скважине TDD05 и составляет 195.2 м при среднем содержании 0.48% Cu_{eq} . Оцененные ресурсы рудопроявления составляют 0.4 млн т медного эквивалента.

Рудное тело выходит на поверхность, образуя высококонтрастные ореолы меди и золота во вторичных ореолах рассеяния. Большая часть месторождения уже сэродирована, в результате чего образовалась россыпь руч. Глубокая Падь. Рудная минерализация распространяется на глубину не более 300-400 м от поверхности. Эрозионный срез месторождения – рудный.

Таким образом, в условиях нынешней экономической ситуации, когда цены на медь за последние пять лет упали почти в два раза, рентабельность разработки самого месторождения не велика, при отсутствии продолжения рудного тела на глубину. Поэтому для повышения перспективности рудопроявления требуется изучить более детально северо-восточные фланги оруденения, где контрастность аномалий меди и золота значительно ниже, чем в центральной части Тырского рудопроявления.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ КУПОЛЬНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ МАКСОВИТОВ В ПРЕДЕЛАХ ХМЕЛЬОЗЕРСКОЙ СИНКЛИНАЛИ (КАРЕЛИЯ)

Дейнес Ю.Е., Филиппов М.М.

deines@krc.karelia.ru, Институт геологии Карельского НЦ РАН
Петрозаводск, Россия

В последние годы на территории Хмельозерской синклинальной структуры Онежского синклинория проводятся работы, направленные на доказательство существования купольных залежей максовитов, формирующих систему, подобную той, которая была открыта в Толвуйской структуре. 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. Все известные на данный момент купольные залежи максовитов приурочены к антиклинальным структурам третьего порядка, так называемым «валам», которые, в свою очередь, входят в синклинальные структуры второго порядка Онежского синклинория. На примере Толвуйской синклинали было доказано существование системы купольных структур и определены ее основные параметры [6]. Этот подход позволил выявить ранее неизвестные купольные тела максовитов, а также обосновать положение о том, что они являются купольными структурами, сформированными по шестому шунгитоносному горизонту, а по прогнозным ресурсам максовитов больше, чем Максовское месторождение [4].

Работы по выявлению купольных структур на территории Хмельозерской синклинали проводились в течение 2012-2015 гг. на нескольких участках р-на Фоймогубы (западный берег р. Путкозерка), а в 2016 г. начаты в районе известного месторождения Шуньга. До 1997 г. месторождение в структурном отношении рассматривалось как крыло синклинальной складки, при этом мощность двух основных субпластовых тел шунгитов не превышала 4,5 м. Более поздние геолого-геофизические исследования [5] показали, что предположение Н.И. Рябова [2] о вероятном продолжении промышленных пластов вплоть до восточного берега оз. Валгмозеро имеет веские основания. Это позволило сформулировать тезис о том, что разведанная часть месторождения приурочена к северо-восточному крылу антиклинальной складки третьего порядка, шарнир которой на уровне залегания пластов частично размыт.

В 2016 г. для продолжения исследований был выбран участок, названный впоследствии Шуньга-2. По данным работ ПГО «Невскгеология» [1], участок сложен породами верхней подсвиты заонежской свиты, а в структурном отношении это антиклиналь третьего порядка, причем длина сохранившейся антиклинали существенно больше 1,75 км – характерного расстояния между соседними купольными структурами, находящимися на одном валу, полученного для Толвуйской синклинали [6]. Следовательно, авторами предполагалось, что на участке Шуньга-2 будут обнаружены геофизические признаки двух купольных тел максовитов, объединенных в систему. Участок привлекателен тем, что на нем предполагаемые купольные залежи максовитов не эродированы и залегают либо непосредственно под четвертичными отложениями, либо перекрыты протерозойскими породами небольшой мощности. Эти условия являются благоприятными для использования хорошо зарекомендовавшего геофизического метода измерения естественных электрических потенциалов (ЕП), позволяющего с высокой надежностью фиксировать выходы шунгитоносных пород под четвертичные отложения. При изучении участка на первых порах решалась задача выявления границ шунгитоносных горизонтов, их идентификации, положения шарнира анти-

клинальной складки. Работы были проведены в северной части участка в районе буровых скважин 325 и 326 (условное название участка Крестная гора), а также в южной части (Цилополе). Сеть геофизических наблюдений включала четырнадцать профилей, для ее создания широко использовались местные дороги и мелиорированные поля.

По сети наблюдений были выполнены геофизические измерения методом ЕП, построен план изолиний разности потенциалов ЕП, на котором хорошо выделяются две отрицательные аномальные зоны до 1000 мВ на участке Крестная гора и одна отрицательная аномальная зона на участке Цилополе, которые, предположительно, связаны с шестым, седьмым и восьмым шунгитоносными горизонтами соответственно. Геологические данные прошлых лет по участкам Шуньга и Шуньга-2, а также полученные геофизические материалы позволяют предложить новую геологическую карту-схему этих участков. На ней можно выделить шарниры антиклинальных складок, в частности, проходящий через центры участков Крестная гора и Цилополе, горизонты шунгитоносных пород (пятый-девятый), а также по небольшой отрицательной аномалии округлой формы на участке Цилополе, по нашим представлениям, зафиксировать выход под четвертичные отложения апикальной части купольной структуры, развитой по шестому горизонту. 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 Толвуйской синклинали. На участке Цилополе аномальную зону с северо-запада по дуге обрамляют габбродолериты, что указывает на присутствие в разрезе купольного тела (структурный и геоморфологический признаки).

Результаты 2016 г. являются основанием для постановки разведочных работ на участках Крестная гора и Цилополе. В целом полученные данные существенно сократят время и финансовые затраты на разведочные работы, поскольку можно считать уже реализованной поисковую стадию. Для детальных работ предпочтительнее участок Цилополе, поскольку здесь нет лесов высокой категории, не ведется хозяйственная деятельность, расстояние до водоемов превышает 500 м, прогнозные запасы предполагаемой залежи максовитов выше, чем на участке Крестная гора, мощность четвертичных отложений не превышает 1,5-2 м, вблизи участка проходит районная дорога, расстояние до берега губы Святуха около 1,5 км.

Полученные данные показывают, что самостоятельного обсуждения и, вероятно, дополнительного исследования требует вопрос о сходстве и различии геологического строения участков Шуньга и Шуньга-2.

Литература

1. Петров Ю.В. Отчет о результатах прогнозно-геологических работ м-ба 1:50 000 по оценке перспектив ураноносности Заонежской площади Онежского прогиба за 1978-81 гг. Л. : ПГО «Невскгеология», 1982. ТФГИ РК. Инв. № 2544.
2. Рябов Н.И. Промышленный отчет о геологоразведочных работах на Шунгском месторождении шунгита. 1932. 117 с. Архив КНЦ РАН. Ед. хр. 396.
3. Филиппов М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск, 2002. 280 с.
4. Филиппов М.М., Дейнес Ю.Е. Традиционные и эвристические подходы к интерпретации геолого-геофизических материалов на перспективном для открытия месторождения максовитов участке Толвуйской синклинали // Ученые записки ПетрГУ. Сер. Естеств. и технич. науки. 2012. № 2. С. 49-56.
5. Филиппов М.М., Клабуков Б.Н. Новое о месторождении Шуньга // Геология, петрография и геохимия докембрийских образований Карелии (операт.-инф. материалы). Петрозаводск : КарНЦ РАН. 1997. С. 33-37.
6. Филиппов М.М., Клабуков Б.Н., Суханов А.В. Экспериментальное определение основных параметров систем купольных шунгитоносных структур Толвуйской синклинали // Российский геофизический журнал. СПб., 2004. № 3. С. 25-30.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА КАРЛИН-ТИПА В НЕДРАХ СТРАН ШОС: СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Мустафин С.К.

sabir.mustafin@yandex.ru, Башкирский государственный университет,
Уфа, Россия

Оруденение карлин-типа, месторождения которого были открыты в процессе проведения ревизионных работ на сурьму и ртуть на территории штата Невада (США), в настоящее время рассматривается как наиболее перспективный геолого-промышленный тип. По данным Всемирного золотого совета в июле 2015 г. государственные запасы золота стран ШОС составляли (т): Китай – 1658,1; Россия – 1287,6; Индия – 557,7; Казахстан – 205,7; Таджикистан – 8,9; Киргизия – 4,0.

В 2014 г. объём добычи золота странами ШОС составил (т): Китай – 465; Россия – 272; Узбекистан – 80,4; Казахстан – 47,6; Киргизия – 22; Таджикистан – 3,4; Иран – 3.

По оценкам экспертов на долю месторождений золото-полисульфидных джаспероидных руд в терригенно-карбонатных толщах (карлин-тип) приходится около 8% мировых запасов золота.

Обобщение результатов исследований месторождений карлин-типа различных регионов позволяет в качестве общих генетических признаков оруденения тренда Карлин выделить следующие: известково-глинистый (с углеродистым веществом) состав разреза вмещающих пород; стратифицированный (подэкранный) характер размещения джаспероидных рудных тел; прожилково-вкрапленные золотые руды с типоморфным спектром элементов: Fe, Hg, As, Sb, Tl; сульфидный (преимущественно пиритный) состав руд с тонкодисперсным золотом в сульфидах; высокими концентрациями примеси ртути в самородном золоте, при низких содержаниях серебра; низкотемпературной сурьмяно-мышьяково-ртутной ассоциацией с аргиллизитами.

В Узбекистане согласно данным Института геологии и геофизики АН РУ ведутся исследования по оценке перспектив оруденения карлин-типа. В окварцованных карбонатных породах Мурунтауской гряды (участок Мурун) установлены содержания золота 4,8-8,4 г/т, что позволяет прогнозировать здесь нетрадиционный для одной из крупнейших золоторудных провинций мира карлин-тип оруденения.

В Восточном Казахстане известно более 100 не оценённых проявлений данного типа [6]. Руды Суздальского месторождения содержат от 0,5 до 10-15% сульфидов и 6,4-16,2 г/т золота; главный рудный минерал игольчато-призматический арсенопирит отличается золотоносностью (1400-5360 г/т) и нестехиометричным составом $S/As = 1,2$ и обеднён Fe. На месторождениях Суздальское и Жерек ежегодно добывается по 30 тыс. токоисленных руд, извлекается с использованием битехнологии более 4 т металла.

Китай является второй по промышленной значимости страной в мире (после США), обладающей золоторудными месторождениями карлин-типа. В регионе, известном как Золотой Треугольник (Golden Triangle), крупнейшим месторождением карлин-типа является Цзиньфын, с запасами металла категорий measured + indicated составили 73,5 т, а ресурсы категории inferred оценены в 34 т.

Ежегодная добыча золота с использованием технологии биотехнологии составляет 6 т. На расположенном в провинции Юньнань месторождении Бока-1 по ряду признаков относящееся к карлин-типу запасы золота категории measured (C1) составили 9,81 млн т руды с содержанием золота 2,88 г/т (28 т), категории indicated (C2) – 21,36 млн т руды с содержанием золота 3,13 г/т (67 т). Выделено 12 пластовых золотоносных зон.

Рудные тела месторождения Заршуран (Иран) в толще чёрных углистых глинистых сланцев с прослоями доломитов и мергелей в тектонической зоне протяжённостью 6 км и мощностью 5-60 м содержат реальгар, аурипигмент, киноварь и относятся к карлин-типу. Запасы месторождения – 11 млн т руды со средним содержанием металла 7,9 г/т (87 т).

В Киргизии потенциал оруденения карлин-типа практически не оценён, хотя именно здесь впервые для Евразии (1982 г) он был установлен (Артык-Булак и Джалама Чаткальского рудного района). Подэкранные тела джаспероидов с рассеянной тонкой вкрапленностью золотоносного фрамбоидального As, Hg, Tl – содержащего пирита и редким свободным ртутистым золотом, характеризуются практически полным отсутствием серебра. Из скважин отмечался приток горючих углеводородных газов. Содержание золота в рудах 2 г/т, запасы не превышали первые тонны металла [4].

В РФ перспективы объектов карлин-типа, к сожалению, пока ещё полностью не оценены. Воронцовское месторождение в Свердловской области разрабатывается компанией Polymetal International с использованием технологии кучного выщелачивания (100 тыс. т/год) с 2000 г. Запасы месторождения 1,2 млн унц. при среднем содержании золота 2,9 г/т; ресурсы соответственно – 1,5 млн унций при содержании 1,9 г/т. (Polymetal, 2015). Формирование месторождения происходило в режиме активной окраины континента [3].

В пределах Горного Алтая и Горной Шории золото-ртутное оруденение карлин-типа представлено месторождением лого Сухонького, где золотоносность ртутных руд составляет 0,2-34,5 г/т. На месторождении Новом джаспероидизированные известняки в зоне мощностью 2-12 м в терригенно-карбонатной толще содержат золото 0,8-2 г/т. Золото-ртутное оруденение установлено в Сибирячихинской, Сиинской зонах, Козульском, Едиганском, Куюском, Карасукско-Архиповском, Каракольском рудных полях [2].

На территории Хабаровского края золото-ртутное оруденение прогнозируется в пределах Горбинской металлогенической зоны в Юдомо-Майском перикратонном прогибе, Тас-Юряхском золото-серебряном районе Сокурдахского прогиба, Кет-Капском золото-скарновом районе с Улаханским месторождением [5].

В карбонатных комплексах Сетте-Дабана (Республика Саха, Якутия) нетрадиционное для региона оруденения карлин-типа, в пределах Аллах-Юньской рудной зоны представлено минерализованными зонами в терригенно-карбонатных породах палеозоя заключающих прожилково-вкрапленные руды с устойчивыми высокими (0,7-7 г/т) содержаниями золота. Тонкодисперсное золото в сульфидах, свободное золото пробностью 740-824 и типоморфной примесью ртути в кварце [1].

Литература

1. Анисимова Г.С., Кондратьева Л.А., Серкибаева Е.С. Нетрадиционные типы золотого оруденения в карбонатных комплексах Сетте-Дабана // Отеч. геология. – 2001. – № 5. – С. 59-62.
2. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и юга Горной Шории : автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2006. – 42 с.
3. Мурзин В.В., Сазонов В.Н., Ронкин Ю.Л. Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (карлинский тип): новые данные и проблемы // Литосфера. – 2010. – №6. – С. 66-73.
4. Мустафин С.К. Золото-сурьмяное оруденение Среднеазиатской сурьмянорудной провинции: геология, вопросы генезиса, критерии оценки : диссер. доктора геол.-мин. наук. – М. : ИГЕМ РАН, 1994. – 363 с.
5. Невструев В.Г., Беспалов В.Я. Перспективы обнаружения крупнообъемных месторождений золота на территории Хабаровского края // Горн. бюл. – 2010. – Отд. вып. 4: Дальний Восток-1. – С. 507-517.
6. Рафаилович М.С., Дьячков Б.А. Геолого-структурная позиция, прогнозно-поисковая модель месторождения Суздальское (Восточный Казахстан) // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2011. – № 6. – С. 45-61.

ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Окулов А.В.

okulovav@mail.ru, ФГУП ЦНИГРИ, Москва, Россия

Топольнинское рудное поле сформировалось в связи с внедрением гранитоидов топольнинской ассоциации (D_2) в карбонатно-терригенные отложения (S_1-D_1). Магматические образования рудного поля представлены ранним ограниченно проявленным куяганским риолит-дацит-андезитовым комплексом (D_2) и более поздней топольнинской габбро-гранодиорит-гранитной ассоциацией (D_2). Первый образует дайки и редкие штоки дацитов и плагиориолитов; вторая формирует два массива гранитоидов (Топольнинский и Караминский), и комплекс даек «пестрого» состава. Вмещающие породы в области контактов с массивами в различной степени ороговикованы и мраморизованы, здесь же локализованы тела золотоносных скарнов, скарноидов и жильно-прожилковых зон золото-сульфидно-кварцевого состава.

В ходе проведенных автором исследований было установлено, что в рудном поле выделяется две группы золоторудных объектов, отличающихся по степени перспективности. Наименее перспективные и наиболее многочисленные объекты первой группы (проявление Сухая Грива, участки Чертова Яма, Чертова Грива и др.) представлены золотоносными скарнами. Наиболее перспективные и наименее многочисленные объекты второй группы (проявления Баяниха, Лог-26) представлены золотоносными скарнами, скарноидами с совмещенными золото-сульфидно-кварцевыми минерализованными зонами. В связи с выделением двух типов объектов различной перспективности, актуальной задачей является разработка геолого-поисковых моделей золотого оруденения для каждой группы объектов.

По результатам изучения, анализа и обобщения данных [1-5] о геологическом строении золоторудных проявлений рудного поля для каждой из групп были выявлены характерные черты геологического строения. Выполненные исследования в сочетании с материалами, полученными при обобщении результатов ранее проведенных тематических и геолого-поисковых работ [2-4], позволили разработать геолого-поисковые модели золотого оруденения Топольнинского рудного поля для каждой из названных групп объектов.

Геолого-структурная позиция золоторудных проявлений обеих групп определяется их локализацией в области крутопадающего контакта массивов гранитоидов. Различия в позиции объектов определяются масштабами проявления даек «пестрого» состава: на объектах первой группы – единичные тела, на объектах второй – своеобразные «пучки» разновозрастных образований.

Рудовмещающие образования на объектах **обеих групп** представлены ороговикованными песчаниками, алевролитами, мраморизованными и скарнированными известняками, известковистыми алевролитами. В отличие от проявлений **первой группы**, на объектах **второй группы** отложения интенсивно дислоцированы.

Магматические образования, с которыми связано золотое оруденение на объектах **первой и второй групп**, представлены гранитоидами габбро-гранодиорит-гранитной формации, образующие Топольнинский и Караминский массивы. В состав этой формации так же входят дайки «пестрого» состава.

Рудоконтролирующие нарушения на объектах **первой группы** представлены разрывами, конформными контакту массива гранитоидов и его апофизам. Тектоническая нарушенность в целом низкая. На объектах **второй группы** рудоконтролирующие нарушения представлены фрагментами региональных разрывов Чарышско-Чуйской СФЗ северозападного простирания, как правило, согласные по отношению к породам рудовмещающей толщи. Неоднократной активизацией нарушений этой группы обусловлено наличие многочисленных разновозрастных даек «пестрого» состава, а так же совмещение в единых рудных телах золото-скарновой и золото-сульфидно-кварцевой минерализации.

Морфология рудных тел. На проявлениях **первой группы** преобладают крутопадающие плито- и линзообразные тела скарнов, реже тела седловидной и сложной формы, локализованные в области экзоконтакта массива, его апофиз и сателлитов. На объектах **второй группы** в соответствии с доминирующим типом рудоконтролирующих разрывов характерны сложно построенные жильно-прожилковые зоны, локализованные вдоль тел золотоносных скарновых или даек. Реже маломощные и жильно-прожилковые зоны развиваются в березитизированных породах различного состава.

Вещественный состав. Золотоносность скарнов и скарноидов на объектах **первой и второй групп** определяется апоскарновой пропилитоподобной ассоциацией, нерудные минералы которой представлены актинолитом, эпидотом, хлоритом, ограниченно проявленными кварцем и карбонатом. Рудные минералы этой ассоциации (1-5%), представлены пиритом, халькопиритом, борнитом, халькозином и ковеллином. В крайне ограниченном количестве присутствуют висмутин, тетрадимит, теллуриды свинца, серебра, с которыми ассоциирует золото. Золото в этой ассоциации образует весьма мелкие выделения преимущественно неправильной формы пробностью 775-900‰. Более поздние жильно-прожилковые минерализованные зоны в березитах, проявленные на объектах **второй группы**. Наряду с мелким и весьма мелким золотом неправильной формы, пиритом, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, вольфрамитом и минералами группы блеклых руд в зонах березитизации и окварцевания присутствуют более крупные выделения золота, являющиеся основным источником формирования мелких россыпей, известных на реках Ануй и Карама [1]. Пробность золота в кварцевых жилах и жильно-прожилковых зонах 935-945‰.

Геохимическая характеристика руд. В соответствии с вещественным составом проявления **первой группы** в геохимических полях выражены ореолами золота, меди, висмута, реже олова, цинка, вольфрама и мышьяка, характерными для золотоносных скарнов. Геохимическая характеристика проявлений **второй группы** определяется сочетанием ореолов золота, меди, висмута, олова, цинка, собственных золотоносным скарнам и скарноидам, а так же ореолов мышьяка, вольфрама, реже свинца и сурьмы, характерных для золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон.

Таким образом, объекты наиболее перспективной второй группы локализованы в области контакта массивов гранитоидов с интенсивно дислоцированной терригенно-карбонатной толщей, осложненной фрагментами региональных разрывов северо-западной ориентировки, неоднократная активизация которых предопределила наличие многочисленных даек «пестрого» состава, а так же образование наиболее мощных и протяженных рудных тел, сформированных в результате совмещения золотоносных скарнов и скарноидов с более поздними зонами золото-сульфидно-кварцевого состава.

Литература

1. Бедарев Н. П., Гусев А. И. Геология и золотоносность Топольнинского рудного поля // Руды и металлы, 1998. № 2. – С. 100-109.
2. Рожченко В. А., Карабицина Л. П., Котенко С. А., Мусаев А. М. и др. Поисковые работы на золото в пределах Топольнинского рудного поля (Алтайский Край): Отчет о результатах работ за 2012-2014 гг. Книга 1. Малоенейское, 2014 ф.
3. Рузаев В.С., Семенов Б.Г., Бедарев Н.П. и др. Геологическое строение и золотоносность Топольнинского рудного поля в Горном Алтае: Отчет о поисках в Топольнинском рудном поле и поисково-оценочных работах на участках Лог-26, Баяниха и Сухая Грива, проведенных в 1996-2001 гг. Малоенейское, 2002 ф.
4. Розен М. Ф. Основные результаты работ Ануйской геологоразведочной партии за годы 1951-1956: Отчет. Бийск, 1957 ф.
5. Савинова О. В. Условия формирования и прогнозно-поисковые критерии золотого оруденения в Топольнинском рудном поле (Горный Алтай): дис. ... канд. геол.-минер. наук: 25.00.11. Томск, 2014. – 102 с.

ФЛЮИДИЗИТЫ НАКЫНСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ

¹Ходня М.С., ¹Игнатов П.А., ¹Зарипов Н.Р., ²Лисковая Л.В.

¹maria.hodnia@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия;

²НИГП ПАО «АЛРОСА», Мирный, Россия

Важность изучения карбонатных брекчий определяется тем, что они встречаются в непосредственной близости с кимберлитами, поэтому могут служить косвенным поисковым признаком. Помимо этого, брекчии карбонатных пород схожи по ряду макроскопических признаков с кимберлитовыми брекчиями, содержащими 1-5% минералов кимберлитов.

Рассматриваемые брекчии с обломками осадочных карбонатных пород нижнего палеозоя и глинисто-карбонатным цементом имеют ряд признаков, которые указывают на их флюидоразрывной генезис.

Неоднородный состав обломков, включающий различные по слоистости и структуре известняки, доломиты и мергели, которые представляют фрагмент местного разреза (локального стратиграфического горизонта) ордовика и реже кембрия; этот признак может характеризовать и тектонические брекчии, хотя в случае флюидоразрывов интервал разреза шире.

Присутствие не только угловатых, но и угловато-округлых и округлых обломков разного размера от 10-12 см до мелкого гравия, округлость обломков указывает на их механическую обработку в процессе газового воздействия. Для брекчий тектонического происхождения характерны уплощенные обломки, расположенные вдоль разрывного нарушения.

Присутствие в цементе неравномерной примеси песчаных зерен в количестве до первых процентов кварцевого состава с примесью калиевого полевого шпата, светлой слюды.

В ряде случаев имеют место каемки осветления вокруг обломков, что может указывать на воздействие горячих флюидов (газов или газогидротерм) и соответствующую перекристаллизацию карбонатных пород.

Пространственная связь брекчий с прожилками карбонатного состава, также содержащими мелкие обломки карбонатных пород и примесь песчаных зерен; их авторы относят к флюидизитам.

В образцах, отобранных из цемента карбонатных брекчий и отмеченных флюидизитовых прожилков, выявлено значительное количество (от первых процентов до 32%) рентгеноаморфного вещества. Это установлено рентгено-фазовым и термографическим анализами, выполненными в НИГП (г. Мирный) Л.В. Лисковой. Наличие рентгеноаморфной фазы может указывать на наличие вулканического стекла, которое является типичным компонентом вулканических эксплозивных образований.

По результатам изучения прозрачных шлифов карбонатных пород и прожилков, удалось выделить ряд признаков, присущих флюидизитам, т. е. подземно-взрывным образованиям:

- присутствие в основной массе непрозрачного мутного жёлто-бурого мелкозернистого агрегата кальцита и доломита с развитием позднего метазернистого доломита; предполагается, что карбонат имеет примесь микрочастиц вулканической пыли;
- частая примесь песчаного материала;
- иногда карбонатно-песчаный состав прожилков;
- директивное распределение алевритовых и песчаных зёрен вдоль границ прожилка, указывающее на флюидный режим образования прожилков;
- наличие зёрен кварца с планарной трещиноватостью;
- частую примесь оскольчатых, иногда в виде рогулек, зёрен кварца алевритового и песчаного размера, которые авторы считают кристаллокластами;
- иногда присутствие зёрен аксессуарных минералов: апатита, циркона, железистой слюды, граната, пироксенов и др., также относимых к кристаллокластическому материалу;
- присутствие вулканического стекла в виде изотропной массы или мелких обломков песчаного или мелкогравийного размера;

– наличие желто-бурого спутанно-волокнутого слабо анизотропного с микроиглками и серыми цветами интерференции, которое представляется плохо раскристаллизованным вулканическим стеклом, и является, вероятно, рентгеноаморфной фазой.

Примечательно то, что в образцах флюидизитовых прожилков, отобранных в непосредственной близости от кимберлитовых тел (до 30 м), наблюдается наибольшая совокупность выделенных признаков, в шлифах из прожилков, где поблизости нет алмазоносных трубок наблюдается один-два признака.

Контакты брекчий часто разбурены, когда встречаются, то отчетливые. Мощности интервалов брекчий составляют от дециметров до нескольких и более метров. Тектонических границ не наблюдается.

В пределах хорошо изученных площадей брекчии флюидоразрыва слагают ареалы, тяготеющие к зонам Южного, Дяхтарского и Ботуобинского разломов. Они также пространственно ассоциируют с эруптивными брекчиями базитов и кимберлитами [Игнатов и др., 2012 – 2016].

По вертикали брекчии флюидоразрыва охватывают верхнюю часть нижнепалеозойской толщи, преимущественно встречаясь в породах ордовика. В какой-то мере этот интервал соответствует вертикальному распространению вторичного кальцита в виде прожилков и друз, составляя в среднем порядка 100 м от поверхности карбонатного цоколя. Надо отметить, что в разрезах, в которых вскрыты эруптивные брекчии базитов или рассматриваемые брекчии карбонатных пород, вторичный кальцит распространяется заметно глубже.

Пространственная ассоциация кальцитовых прожилков и его крупных друз с рассматриваемыми брекчиями карбонатных пород служит указанием на большую роль углекислого газа при образовании флюидоразрывных образований.

Нашими работами показано наличие аномальных концентраций высокотемпературного CO_2 во вмещающих кимберлиты осадочных породах кембрия-ордовика Накынского алмазоносного поля [Игнатов и др., 2014, Шмонов, 2015]

Литература

1. Игнатов П.А., Шмонов А.М., Новиков К.В., Кряжев С.Г., Ковальчук О.Е., Разумов А.Н. Ореолы углекислого газа в карбонатных породах, вмещающих дайково-жильные кимберлитовые тела Накынского поля Якутии. // Руды и металлы. № 3. 2014. С.39-46.

2. Игнатов П.А., Новиков К.В., Шмонов А.М. Отчеты по теме "Изучение и картирование палеоструктур в породах нижнего палеозоя, вмещающих алмазоносные кимберлиты Накынского поля." г. Мирный. Фонды БГРЭ. 2012-2016 гг.

3. Шмонов А.М. Геолого-структурные и минералого-геохимические признаки, присущие алмазоносным телам дайково-жильного типа (на примере Накынского кимберлитового поля Якутии). Автореферат канд. дисс. М. РГГРУ. 2015.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРА СОДЕРЖАНИЯ УСЛОВНОГО ИЛЬМЕНИТА ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ КОМПЛЕКСНЫХ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ

Чеботарева О.С.

vims.geo@gmail.com, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского», Москва, Россия

Ресурсная база титана и циркония весьма обширна, однако значительная часть оцененных прогнозных ресурсов характеризуется низкими показателями эффективности освоения в современных условиях. В связи с чем актуальной является задача по определению уровня их перспективности с целью последующей геолого-экономической переоценки и оценки целесообразности их постановки на учет или снятия с него.

Все апробированные прогнозныe ресурсы диоксида циркония представлены комплексными россыпями, более 99% из них пространственно и генетически связаны с одним геолого-промышленным типом руд – прибрежно-морских титан-циркониевых россыпей [1]. Основными полезными компонентами являются диоксиды титана и циркония. Цирконий преимущественно связан с одним минералом – цирконом (его средние содержания достигают 2-24 кг/м³), а титан с тремя – ильменитом, рутилом и лейкоксоном (до 30-60 кг/м³ суммарно) [2]. Оценка прогнозных ресурсов включает в себя расчет содержаний и ресурсов всех рудных минералов, а не только диоксидов полезных компонентов. В случае невозможности показать или отсутствии корреляционной зависимости между содержанием одного из основных полезных компонентов и содержанием всех полезных минералов, в качестве лимитирующего параметра, определяющего перспективность площади, вводится содержание условного компонента, которое позволяет учесть вклад различных полезных компонентов россыпи в суммарную стоимость потенциальной товарной продукции ещё до проведения укрупненной технико-экономической оценки.

При расчете величины переводных коэффициентов рудных минералов в условный обычно подсчитываются только основные минералы с учетом мировых цен на их товарные концентраты и показателей извлечения. Товарной продукцией, помимо рудных минеральных концентратов, могут также являться нерудные – глауконит, фосфориты, кварцевые пески, доля которой составляет до 40% стоимости товарной продукции, однако при оценке прогнозных объектов её вклад часто не учитывается в расчетах.

Сам показатель содержания условного компонента традиционно используется при подсчете запасов комплексных месторождений в качестве бортового и не является результирующим, т.е. запасы (как и ресурсы) условного компонента не учитываются. Расчет лимитирующего среднего содержания условного компонента для оценки перспективности прогнозных площадей производится по аналогии, исходя из величины переводных коэффициентов, рассчитанных для эталонного объекта с балансовыми запасами песков, и должен учитывать изменения рыночной ситуации.

Динамика роста цен на рудные концентраты такова, что за последние 50 лет стоимость рутилового и цирконового концентратов ежегодно вырастала в среднем на 4 и 6% быстрее, чем ильменитового. Итак, в долгосрочном периоде наблюдается тенденция роста соотношений между ценами на рудные концентраты, что неизбежно влияет на переводные коэффициенты, увеличивая долю рутила и циркона относительно ильменита в условном ильмените (цирконе). При этом в отдельные годы наблюдается напротив резкий цен рост на ильменитовый концентрат.

Для титан-циркониевых россыпных месторождений, в различное время учтенных Госбалансом за последние десять лет, величины переводных коэффициентов в условный ильменит при подсчете запасов изменялись в пределах: для рутила 4,5-8 (в среднем 6,3);

для циркона 5-14 (в среднем 8,6), за последние 5 лет средние величины составили 7,8 и 11,5 соответственно.

Рассмотрим расчет переводных коэффициентов в условный ильменит рутила и циркона на трех месторождениях Ставропольского россыпного района, запасы которых прошли экспертизу Государственной Комиссии по Запасам за последние десять лет, – Бешпагирском, Камбулатском и Константиновском. Для этих месторождений были приняты коэффициенты для рутила: 4,5; 8 и 7,7; для циркона 5; 14 и 8,5 соответственно. Средние содержания условного ильменита составляли 111,5; 152,7 и 88,3 кг/м³. Значение переводного коэффициента складывается из двух соотношений – между извлечениями минералов в концентраты и ценами на них. Разница для минимального и максимального соотношения цен на рудные концентраты для этих месторождений составит 8,34, а для показателей извлечения 0,15.

Рассмотрим в качестве примера оценку перспективности прогнозных объектов *Белгородского россыпного района* (Истобнянская россыпь (вся и площадь первоочередных работ), Черкасская залежь, Малоржавецкая залежь, Высоконовская россыпь), для них в качестве эталонных могут быть выбраны все три вышеперечисленных месторождения Ставропольского россыпного района. В случае принятия извлечения по аналогии и современного соотношения цен на рудные концентраты, в сравнении с содержанием условного ильменита, принятом в ТЭО кондиций для трех эталонных объектов, мы получим различное число перспективных прогнозных площадей (от одной до пяти).

Оценим содержания условного ильменита для всех объектов, включая эталонные, исходя из современного уровня цен, и сравним значения, полученные для прогнозных объектов, со средним пересчитанным для месторождений. В таком случае перспективными будут являться Истобнянская россыпь (площадь первоочередных работ) и Малоржавецкая залежь, а значение для Высоконовской россыпи будет чуть ниже порогового. Дальнейшая укрупненная геолого-экономическая оценка полностью подтверждает построенное предположение – без учета реализации нерудной части товарной продукции рентабельно будет освоение трех вышеперечисленных площадей. При использовании переводных коэффициентов, принятых для эталонных объектов, будут получены близкие результаты.

При корректном расчете переводных коэффициентов содержание условного ильменита для титан-циркониевых россыпей является показателем перспективности площади, учитывающим весь спектр рудной товарной продукции и имеющим достаточно высокую сходимость с последующими технико-экономическими расчетами.

Литература

1. Быховский Л.З. Геологические критерии поисков россыпей / Л.З. Быховский, С.И. Гурвич, Н.Г. Патык-Кара, И.Б. Флеров. – М. : Недра, 1981. – 253 с.
2. Короленко Н.В. Прогнозно-геологические модели месторождений и их прикладное значение (черные, цветные, легирующие металлы и нерудное сырье). Титан. / Н.В. Короленко, А.Ю. Елифанов, С.А. Хаустов. – М. : РИЦ ВИМС, 2007. – 49 с.

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИКЕЛЕВЫХ РУД И ИХ РОЛЬ В СТРУКТУРЕ МИРОВОЙ ДОБЫЧИ

Чернова А.Д.

chernova@vims-geo.ru, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского», Москва, Россия

Промышленные скопления никеля формируются как в эндогенных, так и в экзогенных геологических обстановках. Помимо этого, накопление металла происходит и в ходе техногенных процессов, однако пока их роль невелика – подобные объекты введены в эксплуатацию только в XXI веке.

Среди месторождений эндогенного генезиса наиболее значимы для промышленности, прежде всего, магматогенные месторождения, к которым относятся объекты наиболее распространённого и промышленно значимого сульфидного медно-никелевого геолого-промышленного типа, а также близкого к нему малосульфидного собственно платиноидного типа. Эндогенные никеленосные месторождения гидротермального и колчеданного геолого-промышленных типов вносят незначительный вклад в никелевую промышленность.

Месторождения сульфидного медно-никелевого геолого-промышленного типа приурочены к различным основным и ультраосновным породам. Несмотря на разнообразие условий и времени формирования рудных тел, выделяются общие черты, позволяющие объединить все вариации в единый тип. Большинство промышленно значимых объектов связаны с магматизмом рифтовых зон, от океанических до внутриконтинентальных.

Месторождения локализуются либо в силлах и лополитах, либо связаны с лавовыми потоками основного-ультраосновного состава. Рудные тела чаще всего приурочены к приподошвенной части интрузива или лавового потока и имеют обычно пласто-, плито- и линзообразные формы. Руды различаются по текстурам, варьирующим от массивных до вкрапленных, по соотношению никеля и меди, однако характеризуются выдержанным минеральным составом, представленным ассоциацией пирротин-пентландит-халькопиритом. Характерен широкий разброс средних содержаний никеля – от 1-3% до 5-7%, а также многокомпонентный состав руд – помимо никеля в рудах в промышленных количествах находятся медь, кобальт, металлы платиновой группы, золото, серебро и некоторые другие.

Размах оруденения широко варьирует — известны как мелкие месторождения, объединенные в рудные узлы в пределах одного массива, так и крупные и гигантские объекты. К сульфидному промышленному типу относятся такие промышленно значимые объекты, как месторождения Норильского рудного района в России, рудных районов Камбалда (Kambalda) в Австралии, Садбери (Sudbury) в Канаде, месторождение Цзинчуань (Jinchuan) в Китае.

Промышленно значимые месторождения экзогенного генезиса объединяются в оксидно-силикатный кобальт-никелевый или «латеритный» геолого-промышленный тип, формировавшиеся в корах выветривания серпентинизированных ультраосновных массивов офиолитовых поясов складчатых систем в условиях тропического и субтропического климата. Кроме того, к экзогенным относится и формирование промышленных скоплений металла в океанических обстановках — скопления железомарганцевых конкреций, кобальт-марганцевых корок, гидротермальные сульфидные постройки («черные курильщики» и «сульфидные купола») и металлоносные осадки. Однако, пока это только потенциально значимые проявления.

Среди месторождений латеритного типа наиболее широко распространены коры выветривания неоген-четвертичного возраста, к которым приурочены многочисленные никелевые и железо-никелевые месторождения некоторых стран экваториального пояса. Латеритные месторождения, преимущественно, крупные и заключают более 200 тыс. т никеля, однако велика доля и уникальных объектов, ресурсы которых оцениваются более чем в 2 млн т. К таким объектам относятся, например, месторождения Сороако (Soroako)

в Индонезии, Горо (Goro) в Новой Каледонии, Миндоро (Mindoro) на Филиппинах, Муррин-Муррин (Murrin Murrin) в Австралии.

Рудные залежи различаются по форме, зависящей от структурно-тектонического строения материнских пород, и полноте профиля выветривания, на что оказывает влияние минеральный состав первичных пород и климатические условия выветривания. Последнее также значительно влияет и на содержание металлов в рудах. В пределах рудных залежей распределение полезного компонента сравнительно однородно, а средние содержания составляют 0,74-4% и более. Помимо никеля, в промышленных концентрациях находятся кобальт и, иногда, скандий.

Практически вся мировая добыча никеля обеспечивается за счет всего двух геолого-промышленных типов, сульфидного медно-никелевого и латеритного. Среди второстепенных источников наиболее значимыми являются малосульфидные платиноидные месторождения, роль других незначительна.

По данным *InternationalNickelStudyGroup* мировая добыча никеля за 2015 г. составила 2,1 млн т металла. Причём, вклад сульфидного и латеритного никеля в структуру добычи был равнозначен, и лишь 3% полученного металла пришлось на второстепенные источники. Структура мировой никелевой промышленности претерпела значительные изменения за последние несколько десятилетий: если 20 лет назад велась добыча практически только из сульфидных руд, то к началу века всё больший вес стали набирать латеритные руды, составив около трети добычи к 2008 г и увеличившись до половины к 2015 г.

Прогноз добычных возможностей основных никелевых геолого-промышленных типов построен на информации об актуальном состоянии ресурсных баз основных эксплуатируемых и осваиваемых никелевых месторождений мира, текущих и планируемых объёмов добычи. Проведена оценка истощения выявленных ресурсов при условии сохранения достигнутого уровня добычи с учётом планируемых расширений добывающих мощностей предприятий и ввода в строй новых рудников.

По прогнозу резких изменений в структуре никелевой промышленности в долгосрочной перспективе не произойдёт. Соотношение сульфидного медно-никелевого и латеритного кобальто-никелевого геолого-промышленных типов в мировой добыче существенно не изменится, за исключением незначительного преобладания сульфидного никеля в результате ввода в строй в ближайшее пятилетие нескольких крупных рудников в США, Канаде, Австралии, Танзании и России. Выявленные ресурсы латеритных месторождений позволят сохранить достигнутый уровень добычи на протяжении всего рассматриваемого пятнадцатилетнего периода; проектируемые рудники полностью компенсируют возможное истощение сырьевой базы действующих предприятий. Среди второстепенных источников роль малосульфидных платиноидных месторождений не изменится.

При условии сохранения благоприятной рыночной конъюнктуры в ближайшее пятилетие добыча никеля может вырасти на почти на четверть, до 2,6 млн т металла, сохраняясь на этом уровне до 2026 г. После возможно незначительное уменьшение мировой добычи, вызванное истощением сырьевых баз некоторых действующих предприятий, как на сульфидных месторождениях (Кевитса (Kevitsa), Финляндия), так и некоторых крупных латеритных рудниках (Раму (Ramu), Папуа-Новая Гвинея). К 2030 г. действующие предприятия и реализованные за прошедший период проекты обеспечат добычу никеля в количестве до 2,4 млн т, почти на 17% больше чем в 2015 г.

Литература

1. Geology of Canadian mineral deposit types. Eckstrand O.R., Sinclair W.D., Thorpe R.I. Geological Survey of Canada. 1996. Canada.
2. International Nickel Study Group. World Nickel Statistics Yearbook. 2016. V. 25, №11.
3. Налдретт А.Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометалльных руд. СПб. : СПбГУ. 2003
4. Рудные месторождения СССР. В 3-х т. / под ред. Акад. Смирнова В.И. Изд. 2-е, перераб. и доп. Т. 2. М. : «Недра», 1978.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ВОЛЬФРАМА МИРА

Лаптева А.М.

lapteva@vims-geo.ru, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
минерального сырья им. Н.М. Федоровского», Москва, Россия

Ресурсы вольфрама (в пересчете на WO_3) заключены в недрах 28 стран и оцениваются примерно в 19,5 млн т; промышленные запасы разведаны в недрах 15 стран и составляют около 3,7 млн т. Около 84% ресурсов и 88% запасов сосредоточено в пяти странах: Китае, Казахстане, России, Канаде и Австралии. Только в Китае масштабы минерально-сырьевой базы и степень ее освоенности соответствуют друг другу – он является крупнейшим продуцентом вольфрамового сырья, обеспечивающим около 80% мировой добычи. Вовлеченность минерально-сырьевых объектов в эксплуатацию во всех остальных странах (в том числе в России) находится на низком или нулевом уровне.

Таким образом, рынок вольфрамового сырья характеризуется высоким уровнем концентрации.

Наличие мощной сырьевой базы, дешевизна и децентрализация производства и государственное стимулирование экспорта обусловили рост экспорта дешевых вольфрамовых концентратов из Китая, что в первой половине 1980-х гг. спровоцировало падение мировых цен на вольфрам, а затем – к сворачиванию производства в других странах мира. В результате вплоть до середины 2000-х гг. освоение МСБ вольфрама за пределами Китая находилась на низком уровне [1].

С середины 2000-х гг. цены на вольфрам под давлением опасений дефицита, который могут вызвать проводимые в Китае реформы горнорудного сектора и изменения в экспортной политике, быстро росли [1]. В ответ на это в целом ряде стран (прежде всего в тех, где ранее велась добыча металла) активизировались работы по восстановлению исторического производства, а также по оценке, разведке и подготовке к эксплуатации новых объектов. Мировой финансово-экономический кризис мало сказался на развитии вольфрамовых проектов в силу кратковременности ценового спада. В результате в мире в противовес Китаю возникло несколько новых центров по развитию вольфрамодобывающих производств, в число которых вошли Канада, Вьетнам, Австралия, Великобритания, Испания и Южная Корея.

По состоянию на начало 2012 г. за пределами Китая велась реализация примерно 25 проектов по подготовке новых сырьевых объектов к эксплуатации, преимущественно базирующихся на крупных и средних месторождениях как существенно вольфрамовых руд, так и комплексных руд с попутным вольфрамом. Из них 14 могли быть введены в строй до 2018 г., обеспечив прирост добычи по сравнению с 2011 г. более чем на 80%. При этом существенно изменилась бы географическая структура вольфрамодобывающей отрасли. Китай утратил бы безоговорочное доминирование (его вклад в мировую добычу составил бы около 50%) за счет резкого увеличения роли Канады, доля которой в 2018 г. могла превысить 22% (около 3% в 2011 г). Заметно усиливались позиции продуцентов «второго эшелона»: Австралии, Южной Кореи, Вьетнама, США, Великобритании, России и Испании, где в 2016-2018 гг. суммарная добыча могла достичь трети ожидаемого мирового показателя.

Поскольку ввод каждого нового добывающего предприятия (особенно крупного) приводит к скачкообразному увеличению предложения, ввод в эксплуатацию уже первых проектов мог вызвать дисбаланс на рынке вольфрамового сырья, что обрушило бы цены и поставило под сомнение возможность реализации последующих проектов. В случае с вольфрамом возможный прирост добычи привел бы к существенному превышению производства над ожидаемым потреблением [2]. Таким образом, вероятность завершения всех заявленных в 2012 г. проектов изначально была низкой.

Перенасыщение рынка вольфрама, вызванное снижением его потребления в Китае, происходившим на фоне увеличения выпуска вольфрамового сырья в этой стране, вызвало

длительный спад цен на вольфрамовую продукцию, начавшийся в середине 2011 г. Дополнительную нагрузку на рынок создал ввод в эксплуатацию двух крупных рудников – во Вьетнаме (в 2013 г.) и в Великобритании (в 2015 г.).

Произошедшие после 2011 г. изменения рыночных условий сказались на направлениях и перспективах развития вольфрамодобывающей отрасли мира, что, в первую очередь, проявилось в перестановках среди реализуемых проектов и в изменении их географии. По состоянию на начало 2016 г. за пределами Китая велись работы по реализации 15 вольфрамовых проектов, ввод которых в эксплуатацию с разной степенью вероятности возможен до 2025 г. Часть из них реализовывалась уже в 2011 г. и их запуск ожидался до 2016 г., однако был перенесен; часть – принципиально новые. При этом три крупных проекта (в Канаде и США) были заморожены. Суммарная производительность по добыче триоксида вольфрама реализуемых в 2016 г. проектов оказалась вдвое меньше, чем аналогичный показатель по состоянию на начало 2012 г. При условии ввода всех этих проектов в эксплуатацию в проектные сроки добыча вольфрама после 2020 г. может вырасти по сравнению с уровнем 2015 г. примерно на треть. При этом доля новых игроков в мировом производстве вольфрама не превысит 24% против 40% по оценкам для 2011 г.

В результате консервации крупнейших проектов в Канаде и появления новых проектов в Австралии именно она может стать вторым после КНР продуцентом вольфрамового сырья в мире, обеспечивая до 10-12% мировой добычи. При этом доля Китая в мировой добыче может составить 60-65% (против примерно 50% по сценарию 2011 г.).

Однако, несмотря на сокращение перспективных мощностей по сравнению с состоянием на начало 2011 г., потенциальное производство вольфрамового сырья все равно превосходит прогнозируемый уровень его потребления [2].

Ситуацию усугубляет устойчивое расширение использования вторичного вольфрамового сырья.

Таким образом, в сложившейся на рынке вольфрама ситуации вероятность своевременного ввода в эксплуатацию даже максимально готовых проектов не высока. Перспективы успешного завершения имеют лишь проекты, по которым удельные совокупные расходы в расчете на единицу товарной продукции ниже текущих цен на эту продукцию, что может обеспечить прибыльность проекта.

Поскольку крайне высокая конкуренция среди уже имеющихся продуцентов неизбежно приведет к очистке вольфрамовой отрасли от устаревших (физически и морально) неэффективных производств, новые предприятия изначально должны отличаться высокой эффективностью, которая является непременным условием их долгосрочного устойчивого функционирования.

Литература

1. Лаптева А.М. Вольфрам // Минеральное сырье: от недр до рынка: в 3 т. Т.3: Черные, легирующие металлы и некоторые неметаллы. – М. : Научный мир. 2011.
2. Лаптева А.М., Егорова И.В. Экономические факторы освоения сырьевой базы вольфрама мира // Разведка и охрана недр. 2016, № 8. С. 58-63.

ЮЖНО-ФАЙЗУЛЛИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ МАРГАНЦЕВЫХ РУД И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Салаватов С.Ю.

salavatov97@mail.ru, Башкирский государственный университет,
Уфа, Республика Башкортостан, Россия

История развития марганцеворудной базы республики Башкортостан насчитывает несколько десятилетий. Все месторождения Башкортостана объединяются в три группы:

1. Месторождения западного борта Магнитогорского мегасинклиория.
2. Месторождения Зилаирского синклиория.
3. Месторождения западного склона южного Урала.

Эти группы месторождений отражают определенные геологические условия их генезиса, отвечая, таким образом, трем самостоятельным структурно-формационным зонам. В пределах зоны принято выделять группы более низкого ранга – рудные районы. Мы придерживаемся схемы выделения пяти рудных районов:

1. Северо-Учалинский марганцеворудный район;
2. Южно-Учалинский марганцеворудный район;
3. Юлдашевский марганцеворудный район;
4. Худолазовско-Карамалыташский рудный район;
5. Таналыкский рудный район.

Южно-Файзуллинское месторождение принадлежит Худолазовско-Карамалыташскому рудному району [1].

Месторождения рассматриваемой части Магнитогорского мегасинклиория представлены двумя генетическими типами: гидротермально-осадочными осадочным.

Укрепилось мнение о том, что в докарбонных отложениях западного борта Магнитогорского мегасинклиория существуют четыре уровня марганценакопления. Эти уровни соответствовали выделенным в пределах разных рудных районов четырем рудным горизонтам:

- уразовскому (выделяемого в пределах ирендыкской свиты);
- бугулыгырскому;
- биккуловскому (верхи улутауской свиты);
- мукасовскому.

Из них только бугулыгырский и мукасовский были стратонами регионального уровня и прослеживались на сотни километров в пределах всей марганцеворудной зоны.

Подавляющее большинство месторождений марганца, в том числе и Южно-Файзуллинское локализовалось в пределах бугулыгырского горизонта. Толщи сургучно-красных яшм, без достаточного на то палеонтологического обоснования, а только на основании литологического сходства, считались одновозрастными и объединялись в единый маркирующий бугулыгырский горизонт. Тем не менее, было подмечено, что все месторождения приурочены к яшмам, непосредственно залегающим на ирендыкской свите, а яшмы, которые перекрывают карамалыташскую свиту, не содержат заметных марганцеворудных проявлений. Согласно исследованиям последних лет, стало очевидным, что яшмовая толща, мощностью 30-200 м, получившая название ярлыкаповской и перекрывающая ирендыкскую свиту, в возрастном отношении соответствует всей карамалыташской свите и перекрывающему ее собственно бугулыгырскому горизонту. Из этого следует, что выделение бугулыгырского марганцеворудного горизонта некорректно и необходимо говорить о ярлыкаповском уровне марганценакопления.

Худолазовско-Карамалыташский марганцеворудный район включает в себя группу месторождений и рудопроявлений, размещающихся восточнее Ирендыкской гряды в пределах Абзелиловского и Баймакского районов. Южно-Файзуллинское месторождение расположено в 1,5 км восточнее д. Файзуллино, и в 20 км западнее г. Сибай. Месторождение открыто в 1890 г., и эксплуатировалось до 1917 г. [2].

Месторождение состоит из двух промышленных рудных тел линзовидной формы, расположенных кулисообразно относительно друг друга. Нижний рудный пласт имеет северо-северо-восточное простирание и восточное падение под углами от 45 до 85 градусов. Он резко выклинивается в северо-западном направлении, плавно уменьшает свою мощность на юго-востоке, тектонически срезан на юго-западе и не изучен на северо-востоке. Длина нижнего рудного пласта по простиранию 188 м, по падению 110 м мощность пласта колеблется от 2 до 5 м, глубина залегания от 0 до 20 м. Средний рудный пласт также залегает согласно с вмещающими породами. Мощность пласта увеличивается с глубиной от 0,5 до 2,5 м.

Помимо этих крупных тел, существует верхний рудный пласт, который прослежен на 210 м по простиранию и на 65 м по падению. Его мощность около 0,5 м, но на глубине 30 м увеличивается от 0,5 до 1,5 м. Он расположен согласно с вмещающими породами и часто замещается оруденелыми или безрудными туфами.

Все рудные тела окислены на глубину до 20 м и представлены порошковатыми, рыхлыми рудами черного цвета. Средний состав руд следующий: марганец – 38,1 %; кремнезем – 21 %; сера – 0,041 %; фосфор – 0,058 %. По минеральному составу выделены следующие типы руд:

- силикатно-родонитово-карбонатные руды нижней не окисленной зоны;
- силикатно-родонитово-карбонатные руды, затронутые процессами окисления и частично окисленные;
- пиролюзит-псиломелановые руды, слагающие верхнюю часть зоны вторичного обогащения, в незначительных количествах содержащие реликты родонитовых руд;
- полосчатые браунит-яшмовые руды.

Первые три типа руд слагают нижний (основной) рудный пласт, четвертый тип руд полностью слагает средний рудный пласт. Основными минералами марганца являются родонит и пиролюзит. Родонит присутствует в подавляющем большинстве случаев, в виде агрегатов мелко- и крупнозернистой структуры и массивной текстуры, развивается по карбонатным минералам. Иногда отмечаются достаточно крупные (до 1-1,5 см) кристаллы розового цвета игольчатого габитуса с хорошо выраженной спайностью и перламутровым блеском. Отмечены радиально – лучистые и сноповидные агрегаты родонита. Пиролюзит образует черные землистые или порошковидные массы [1].

В составе руд, кроме того, выделяются следующие минералы: браунит, псиломелан, манганит, родохрозит, тефроит, гематит, кальцит, хлорит, альбит, цеолит, актинолит, пирит, халькопирит. На месторождении установлены минералы риббеит и аллеганит. Вмещающие породы представлены кремнистыми сланцами, яшмами, туфами основных эффузивов и альбит-порфиров, самими альбитофирами, алевролитами, граувакковыми песчаниками и туффитами [1].

В настоящее время карьер не эксплуатируется, но есть перспективы разработки периферийных частей карьера. Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки месторождения открытым способом благоприятные. Так, в Южно-Файзуллинском месторождении имеются запасы марганцевых руд в 70 тыс. тонн [2].

Основную ценность как сырье для промышленности представляют в них богатые оксидные руды и браунит.

Литература

1. Бетехтин А.Г. О генетических типах марганцевых месторождений // Изв. АН СССР, Москва-Ленинград, 1944, С. 3-42.
2. Салихов Д.Н., Ковалев С.Г., А.И.Брусницын, Г.И.Беликова Полезные Ископаемые Республики Башкортостан (марганцевые руды) // Уфа, Экология, 2002, С. 103-106.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ СВИНЦОВО–ЦИНКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧОДОН – СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА

Нгуен З.Х.

ndhung.tktd@gmail.com, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Исследованы геологические характеристики свинцово-цинкового месторождения Чодон-северного Вьетнама. Рассмотрены геологические особенности рудной зоны Чодон и закономерности распределения свинцово-цинкового руд. Показано положение свинцово-цинковых месторождений в регионе Чодон.

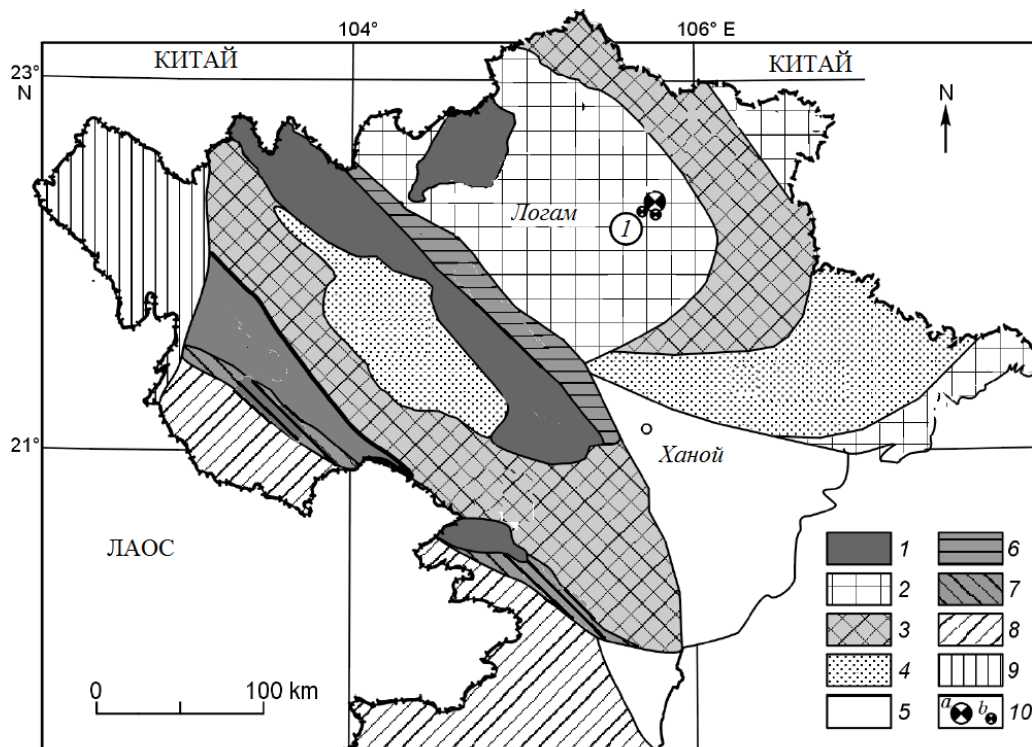


Рис. 1. Тектоническая карта Северного Вьетнама, с месторождением исследованным.

- 1 – протерозойский подвал; 2 – рано-средние палеозойские ассоциации;
3 – пермотриасовые ассоциации; 4 – юрская и меловая ассоциации; 5 – четвертичные отложения; 6 – Хонг Река зона сдвиговая; 7 – Марека шовная зона; 8 – Индо-Синийские террейны; 9 – Сибумасу террейны; 10 – Pb-Zn месторождения (а) и вхождения (б).
1 – Чодон месторождение

Вьетнам находится в Юго-Восточной Азии, где известны месторождения алюминия, железа, титана и т.д. Свинец и цинк являются важными металлами в промышленности, особенно важны для индустриализации Вьетнама. Предыдущие исследования показали в северном Вьетнаме имеет больше полезных ископаемых, включая свинцово-цинковые руды. Выявлено около 250 месторождений рудопроявлений и они составляют 80% запасов [3]. Типичное месторождение в структуре месторождения Чодон области Баккан.

Месторождение Чодон находится в восточной части структуры Логама, в 180 км от столицы Ханой на север. В исследуемом районе представлены карбонатные осадочные породы Неогел [1]. Свинцово-цинковые месторождения в основном локализованы в ордовикско-силурийских осадочных породах и лишь несколько месторождений – в осадочных позднего ордовика – раннем силура.

Интрузивные горные породы в регионе разнообразны: отмафитов, фельзитов с возрастными палеозой до палеогена. Это были высокоалюминиевые Комплексы Фья Биок, щелочных вулканических комплексов Нуй Диенг и т.д.

Область исследования находится в антиклинальной структуре Фья Хао, простирающейся на северо-восток от На Ханг до Бан Лак. Ее ось направлена на север – северо-запад, протяженность составляет 40 км. Эта структура сложена карбонатными породами и сланцами среднего палеозоя: силур-девона и Девон.

В области много разломов, в т.ч. дуговых северо-западных, северо-восточных и меридиональных направлений. Они имеют важное значение в локализации свинцово-цинковых руд.

Свинцово-цинковые руды сосредоточены в основном в карбонатных породах. На каждом объекте насчитывается до десятков рудных тел, пространственно связанных с гранитами Тамтаокомплекса Фья биок. Геохимические характеристики этих гранитов показывают отношение Pb-Zn по специализации. Результаты анализа изотопов Pb в галените месторождения Чо Дон показывают 215-270 млн лет (P2 – T1).

Район Чо Дон – Баккан северного Вьетнама изучен многими геологами. Рудные тела перекрыты осадочными породами надинтрузивных комплексов возрастом от верхнего палеозоя до палеогена. Свинцово-цинковое оруденение сосредоточено в карбонатных отложениях девона и находится в узле пересечения меридиональной структуры с северо-восточной руды, сложены главным образом, сфалеритом, галенитом, пиритом, в меньшей мере пирротинном, марказитом, арсенопиритом, англезитом. Результаты разведки месторождения показывают значительный потенциал свинцово-цинковых руд на глубоких горизонтах.

Литература

1. Довжиков А.Е., Буй Фу Ми, Василевская Е.Д. и др, 1965. Геология Северного Вьетнама. Ханой, Вьетнам : Наука и Техника. 1965. 668 с.
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 – Северного Вьетнама. Ханой, Вьетнам : Науки о Земле. 2011. 16 с.
5. Нго Тхи Фьонг, Чан Чонг Хоа, ЧанТуан Ань, Чан Вьет Ань, Фам Тхи Зунг : Минералогии породообразующих минералов в габросиенитых интрузиях Чо Дон области, Северо-Восточного Вьетнама. Ханой, Вьетнам Журнал геологии, 2004, 13 с.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ СТРУКТУР УРАЛЬСКОГО СЕВЕРА

Душин В.А., Козьмин В.С., Малюгин А.А., Прокопчук Д.И.
SNIGE.dep@ursmu.ru, Уральский государственный горный университет,
Екатеринбург, Россия

Уральская покровно-складчатая система характеризуется отчетливо выраженной меридиональной зональностью, которая традиционно определяется строением крупнейших её элементов (Западно-Уральская, Центрально-Уральская и Восточно-Уральская мегазоны), которые принято отождествлять с Палеоконтинентальным (первые две) и Палеоокеаническим (Палеоостроводужным) секторами. Первый сложен акретированными конструктивно-дектруктивными комплексами доуралид и рифтогенно-склоновыми формациями палеозоя, в основании которых установлены гетерогенные блоки древней архей-палеопротерозойской (с модельными Sm-Nd и U-Pb возрастами 1,4-2,9 млрд лет) предположительно континентальной коры. Второй известен в литературе под названием Щучинско-Войкарского и Северо Тагильского блоков и включает в себя наряду с допалеозойскими комплексами меланократового основания (Мальковский, Дзеляюский сегменты) океанически-островодужно-коллизийные террейны раннего-среднего палеозоя.

Начиная с сороковых годов прошлого столетия в трудах многих крупных геологов (В.П. Горский, И.С. Огарин, Ю.В. Чудинов и др.) обращалось серьезное внимание на наличие поперечной тектонической зональности в строении Урала, особенно ярко проявившейся в северном его сегменте. По мнению исследователей эта зональность была связана с «влиянием северо-западных и субширотных структур эпибайкльского фундамента, сохранившего некоторую подвижность на протяжении палеозоя-мезозоя и кайнозоя» [1], формируя общую структуру «клавишного» типа [2].

Наличие поперечной зональности отчетливо проявляется в геофизических полях, что отражено на специализированных уральских картах масштаба 1:1 000 000: («Глубинное строение земной коры Урала» Н.Г. Берлянд, «Морфоструктурная карта Урала» Н.Г. Чижова и «Металлогеническая карта Урала» А.М. Мареичев и др.). В различных продольных зонах Урала поперечные структуры выражены по-разному, но практически везде их ограничения обусловлены проявлением тектонических нарушений глубинного характера сопровождаемых сменой формаций и складчатых структур докембрия и палеозоя в пределах сопрягающихся блоков. В этой связи современный тектонический облик Уральского Севера во многом определялся развитием мезозойской блоковой тектоники, наложенной на палеозойские и более древние геологические структуры. Тектоническая активизация региона явилась следствием ранне-среднемезозойских процессов, протекавших в пределах Западно-Сибирской плиты имевших, по видимому, плюмовую природу (Сибирский суперплюм) и реализованных в интенсивной в том числе блоковой перестройке земной коры в области сочленения Урала и Западно-Сибирской платформ.

Наиболее крупными поперечными разломами, фиксируемыми на рассматриваемой территории являются системы Приморских, Себета-Хуутинских, Лонготских, Собско-Салехардских, Паерских, Дальних, Кожимских, Вэраюских и Северо-Маньхамбовских дизъюнктивов северо-западного (310-320°) простирания. Данные структуры отчетливо выражены гидросетью, прекрасно дешифрируются и отражаются локальными аномалиями магнитного и гравитационного полей. Это, как правило, значительные по мощности (от первых до сотен метров и даже километров) зоны дробления, брекчирования и расланцевания с зеркалами скольжения и обилием кварц-карбонатных, кварц-сульфидных и монокварцевых жил (мощностью до 2 м). Для них характерны сбросо-сдвиговые и сбросовые деформации и отмечается связь с неотектоническими дислокациями [2]. Примером последних могут служить грабеновые системы оз. Большое Щучье и Малое Щучье, перепад глубин которых колеблется от 700 до 900 м (глубина оз. Щучье 136 м). Большинство из поперечных структур трассируются разновозрастным (пермь-мел) щелочно-кислым (торасовейский, лонготский, поньинский комплексы),

толеитовым (ятынский, мусюрский комплексы) и щелочно-базит-ультрабазитовым (яляяхинский, марунский, немзияхинский, осовойский комплексы) магматизмом (табл. 1), по видимому, плюмовой природы. Их формирование обусловлено непосредственным влиянием позднепалеозойско-мезозойского траппоидного магматизма (Сибирский суперплюм), определившим геодинамику и во многом металлогению рассматриваемого региона.

Таблица 1

Средние химические составы пород (масс %) мезозойских магматических комплексов Уральского Севера

оксид	1**	2*	3*	4	5*	6*	7*	8	9
SiO ₂	62,01	73,05	52,61	49,14	46,18	49,72	50,73	53,86	52,37
TiO ₂	0,52	0,11	2,66	1,24	3,92	2,23	1,19	2,11	1,15
Al ₂ O ₃	15,71	14,43	13,06	14,62	12,63	14,58	12,83	12,42	15,61
Na ₂ O	3,31	4,42	3,63	1,94	2,62	2,37	3,83	0,32	3,15
K ₂ O	4,04	4,21	2,63	0,94	0,35	1,93	3,80	4,07	4,52
CaO	4,43	0,71	2,94	6,96	4,52	6,98	6,01	2,22	2,83
P ₂ O ₅	0,25	0,02	0,93	0,34	0,66	0,62	0,31	0,45	0,33
Fe ₂ O ₃	3,37	1,10	5,92	7,92	8,70	7,43	4,45	0,20	8,45
FeO	1,99	0,55	5,26	6,81	6,47	7,04	9,91	12,56	3,12
MnO	0,09	0,04	0,24	0,18	0,27	0,20	2,57	0,11	0,20
MgO	3,26	0,41	4,89	8,47	8,55	5,42	5,68	5,96	6,46
ппп	0,29	0,69	1,71	2,74	3,57	2,36	2,89	4,90	1,69
Сумма	99,65	99,96	100,30	99,96	100,48	100,16	99,19	99,94	99,95
Кол-во проб	13	7	3	2	3	6	2	2	2

Примечания к таблице № 1: комплексы: 1 – торасовойский (монцосиенит), 2 – лонготюганский (лейкограниты), 3 – поньинский (монцодиориты), 4 – мусюрский (долериты), 5 – ятынский (долериты), 6 – яляяхинский (эссексит-долериты), 7 – марунский (лампрофир), 8 – осовойский (брекчия трахитов), 9 – немзияхинский (лампроит). Количественный химический анализ выполнен в лаборатории Уральского государственного горного университета, рентгено-спектральный флуоресцентный анализ выполнен в ИГиГ УрО РАН (*) и ИГ Коми НЦ УрО РАН (**).

Так позднепермско-раннетриассовый этап характеризуется проявлением щелочно-кислого магматизма и связанного с ним оруденения редкометалльно-альбититовой (Ta-Nb-Th-U) с золотом и платиноидами (месторождения Тайкеуское, Лонготское), кварц-флюоритовой и карбонат-флюоритовой (месторождение Амдерминское), золото-медно-молибден-порфировой (проявление Левдиевское) формаций. Рудные объекты триас-юрского этапа в связи с магматизмом траппового типа (ятынский, мусюрский комплексы) представлены мелкими объектами золото-порфировой (месторождения Петропавловское, Чудное?) формации, а также месторождениями хрусталя, исландского шпата (месторождения Хасаварка, Пелингичей) и агатов (проявление Харбейское – Ягодное). Продуктивность щелочно-базит-ультрабазитового магматизма, относимых к проявлениям мантийного и корово-мантийного типов интересны прежде всего их вероятной алмазностью (немзияхинский комплекс). Кроме того, магматизм данного этапа (яляяхинский, марунский комплексы) продуктивен на проявления ртутной, вольфрамово-ртутной (проявления Малотальбейское, Сфинкс), золото-кварц-сульфидной с платиноидами (проявления Пензенгояхинское и др.) и кварц-антимонитовой (рудопроявления Верхнеханмейское, Славкино) формаций.

Литература

1. Горский В.П., Молдаванцев Ю.Е. Принципы тектонического районирования Урала на основе блокового строения его фундамента // Тез. докл. совещания по проблемам тектоники. Изд-во АН СССР. М., 1962. С. 47-58.
2. Душин В.А. Магматизм поперечных структур Уральского Севера // Горные ведомости. 2016. № 5-6. С. 86-101.

ТЕОРИЯ БОГАТОГО ФЛЮИДНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ «УГЛЕКИСЛОТНОЙ ВОЛНЫ»

Ройзенман Ф.М.

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Важные закономерности природных флюидных процессов получили решение в новой теории флюидного рудообразования, разработанной на основе термобарогеохимических исследований 35 месторождений 17 полезных ископаемых в 10-рудных районах территории СССР. В комплекс исследований включались: 1) раздельное исследование бедных и богатых руд методами гомогенизации и декрепитации; 2) детальный газовой-хроматографический анализ через каждые 40° нагрева проб в интервале температур 100-900°C; 3) детальное декрепитометрическое картирование месторождений.

В результате этих комплексных исследований установлено, что, вне зависимости от генетического типа и вида полезного ископаемого (флогопит, мусковит, литий, цезий, графит, медь, никель, кварцевое сырье и др.) на всех изученных объектах рудообразование происходило однотипно, на фоне волнообразного изменения концентрации CO₂ в остывающих постмагматических растворах – явление «углекислотной волны».

Согласно экспериментальным данным Я.Н. Белевцева, добавление небольших количеств CO₂ к воде резко изменяет растворимость многих компонентов, в том числе – рудных. Растворимость компонентов существенно увеличивается: CaO – в 20-380 раз, MgO – в 20-180 раз, Fe₂O₃ – в 240 раз, NiO – в 2 раза, SnO₂ – в 25 раз. Для Al₂O₃ и SiO₂ при добавлении CO₂ растворимость уменьшается.

В связи с приведенными данными, в процессе рудообразования богатых руд выделены пять стадий (рис. 1).

На стадии 1 (550-380°) при низких концентрациях CO₂ (1-4 моль/кг H₂O), в условиях сильного пересыщения существенно водного раствора, происходила кристаллизация рудных минералов с образованием рассеянных, бедных руд (стадия бедного оруденения).

На стадии 2 (380-280°), в связи с резким увеличением концентрации CO₂ – до 12 моль/кг H₂O, существенно увеличивалась растворимость рудных компонентов, переходящих обратно в раствор (первая стадия растворения рудных компонентов).

На стадии 3 (280-220°), в связи с уменьшением CCO₂ (до 5 – 6 моль/ кг H₂O) и растворимости компонентов первой группы, в условиях сравнительно низких температур, происходило образование концентрированных, богатых и крупнокристаллических руд (первая стадия богатого оруденения).

На стадии 4 (220-140°) отмечается повторное резкое повышение концентрации CO₂ – до 12 моль/кг H₂O и, в связи с этим – переход в раствор некоторых компонентов первой группы (вторая стадия растворения).

На стадии 5 (ниже 140°) на фоне дальнейшего снижения температуры и концентрации CO₂ (до 4 моль/кг H₂O) формировались богатые руды урана, ртути и ряда других минералов (вторая стадия богатого оруденения).

Следовательно, формирование богатого оруденения происходило в закрытых рудно-флюидных системах. В противоположность этому, концентрация CO₂ в системах с бедным оруденением оставалась при всех температурах стабильно низкой – 1-4 моль/кг H₂O. Таким образом, в открытых системах, из-за ухода газов (в том числе – CO₂) «углекислотная волна» отсутствовала, и богатые руды не формировались.

Выявление «углекислотной волны» позволило впервые решить основные проблемы флюидного рудообразования.

Рудные столбы образовались в закрытых рудно-флюидных системах, где под воздействием «углекислотной волны» происходило накопление бедного оруденения (стадия 1), растворение рудного вещества (стадии 2, 4) и формирование богатого оруденения (стадии 3, 5). 2) Скачкообразность минералообразования определяется кристаллизацией минералов на

стадиях 1, 3, 5, разделенных «безрудными» стадиями 2 и 4. 3) Отсутствие богатых месторождений в крупных разломах объясняется тем, что в них из флюидной системы уходит CO_2 и нет «углекислотной волны», формирующей богатое оруденение. 4) Причина кислотно-щелочной эволюции постмагматических растворов заключается в том, что из-за сильного влияния CO_2 на их кислотность, график «углекислотной волны» можно рассматривать как график кислотности флюида. Тогда ранняя щелочная стадия Д.С. Коржинского соответствует существенно водной стадии-1 «углекислотной волны»; кислотная стадия – стадии 2 «углекислотной волны» с высокой концентрацией CO_2 , а поздняя щелочная стадия соотносится с 3-й стадией «углекислотной волны». 5) Рост крупных кристаллов возможен только в закрытых флюидных системах, где «углекислотная волна» определяла формирование мелких кристаллов (стадия 1), их растворение (стадии 2, 4) и их перекристаллизацию (стадии 3, 5).

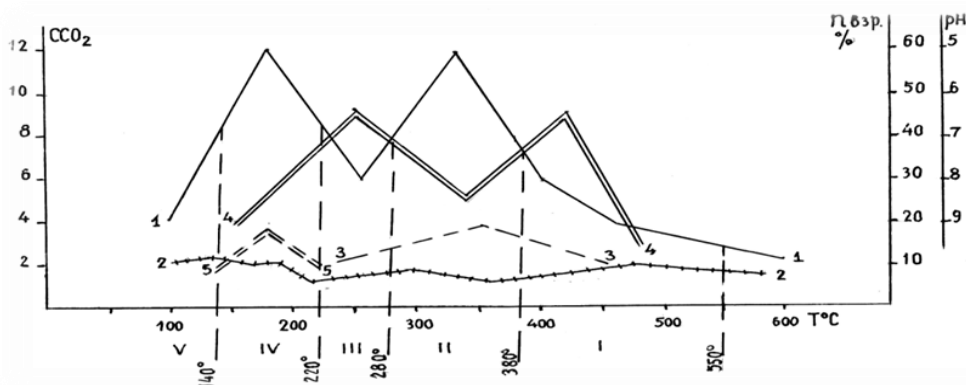


Рис. 1. Модель флюидного рудообразования.

- 1 – график изменения концентрации CO_2 в богатых рудах; 2 – то же – в бедных рудах;
 3 – изменение концентрации CO_2 в системе $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ (по [7]); 4 – график декрепитации; 5 – график изменения «коэффициента высаливания» K_{sh} ;
 I, II, III, IV, V – стадии минерало- и рудообразования; $n_{взр}$ – количество микровзрывов газожидких включений; pH – график pH раствора

На основе «углекислотной волны» разработаны новые поисково-оценочные критерии рудоносности. Эти критерии вошли важной составной частью в новую систему количественного локального прогноза рудных тел, которая в 10 раз увеличила достоверность прогноза месторождений.

Таким образом, теория флюидного рудообразования под воздействием «углекислотной волны» впервые решила важнейшие проблемы рудообразования.

Новая теория позволила разработать ряд эффективных критериев для прогноза (в том числе – глубинного) всех промышленных параметров рудных тел, что привело к открытию многочисленных рудных тел разных полезных ископаемых.

Представляется перспективной дальнейшая разработка новой теории флюидного рудообразования и использование разработанных на ее основе новых методов прогнозирования месторождений различных полезных ископаемых.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ

¹Скруйбите Р.А., ²Акифьева А.Д., ³Гиль В.А.
¹skruybite@gkz-rf.ru, ²akifyeva@gkz-rf.ru, ³vladimir-gil@mail.ru,
ФБУ «ГКЗ», Москва, Россия

На сегодняшний день геостатистический подсчет запасов и блочные модели (БМ) широко применяются в горной отрасли. Помимо использования геостатистических методов в рамках подготовки ТЭО и подсчета запасов, широкое применение получил подход, когда БМ, как способ представления запасов месторождения, используется в горном разделе для оптимизации конечного контура карьера в соответствии с экономической конъюнктурой [2, 3, 5]. Кроме того, блочные модели месторождений широко используются для долгосрочного и среднесрочного планирования, управления качеством отработки месторождения, оценки содержаний на складах и пр.

ФБУ «ГКЗ» были разработаны Рекомендации [4], утвержденные МПР Протоколом № 6 от 10.02.2015 г. Эти рекомендации обобщают опыт применения геостатистических методов подсчета запасов в отечественной практике.

Можно констатировать применение двух основных методических приемов:

А. Блочное моделирование в объеме рудных тел *оконтуренных* по традиционной методике – *т.н. “жестких” каркасах – по каждому бортовому содержанию*. В качестве основного кондиционного показателя используется бортовое содержание – содержание в крайней пробе. Запасы в целом соответствуют традиционному подсчету, содержания полезных компонентов различаются.

Б. Блочное моделирование в объеме рудных тел *оконтуренных по низкому “природному” борту*. Основной кондиционный показатель – *cut-off grade* – минимальное содержание в блоке блочной модели.

Фиксируются неустраиваемые различия в запасах и средних содержаниях в связи с фундаментальными различиями методов. В ТЭО и подсчете запасов геостатистический подсчет запасов применяется в следующих вариантах: Повариантный подсчет запасов на основе одной БМ с применением *cut-off grade*

Ниже приведены примеры материалов ТЭО и подсчета запасов с использованием геостатистических методов.

1. Золоторудное месторождение золото-адуляр-кварцевой формации. Представлено крутопадающими адуляр-кварцевыми малосульфидными жилами и жильно-прожилковыми зонами размером 250*400 м. Всего 3 домена по структурно-минералогическим критериям: домен 1 – основные жильные и жилообразные тела; домен 2 – оперяющие жильные и жилообразные тела второго порядка; домен 3 – два предыдущих домена и призальбандовая минерализация. Повариантный подсчет запасов произведен по 5 вариантам бортовых содержаний золота (0,8; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 г/т) методом геологических блоков. Для оптимизации проектного контура карьера использовался геостатистический подсчет по природному борту 0,5 г/т. В дальнейшем соответствие повариантному традиционному подсчету проводилось путем подбора (тарирования) параметра *cut-off grade* по запасам (табл. 1).

Таблица 1

Соответствие бортовых содержаний и *cut-off grade*

Бортовое содержание /Краевая выработка (условное золото), г/т	Cut-off grade, г/т
0.8/0.8	0.9
1.0/1.0	1.3
1.0/2.0	1.8
1.0/3.0	2.7
1.0/4.0	3.7

Относительные расхождения подсчетов традиционным и геостатистическим методами. Месторождение I

Категория запасов	Запасы руды, %	Содержание, %		Запасы металла, %	
		Au	Ag	Au	Ag
C ₁	-5.31	-3.03	-0.69	-7.95	-5.98
C ₂	-4.80	-5.00	-6.36	-11.20	-10.86
C ₁ +C ₂	-4.87	-5.13	-5.67	-10.84	-10.28

Для отдельных блоков относительное расхождение в запасах составило до 50%, а содержаний золота – до сотен процентов.

II. Стратиформное свинцово-цинковое месторождение. Линзовидные, лентовидные рудные тела залегающие согласно простиранию вмещающих пород. Повариантный и основной подсчет запасов произведен по 4 вариантам бортовых содержаний условного цинка (1.0, 1.5, 2.0, 2.5 %) способом вертикальных сечений. Контрольный подсчет методом геологических блоков. Каркасы для БМ отстраивались по 4 вариантам бортовых содержаний, оконтуривание проведено по традиционной методике. В общей сложности выделено 11 доменов по 2 залежам. Сопоставление блочной модели выполнялось несколькими вариантами: а) сопоставление средних содержаний БМ с средневзвешенными содержаниями проб попавших в рудный каркас (по алгоритму программного обеспечения); б) сравнением содержаний полученных в результате разных методов интерполяции – ординарного кригинга и метода обратного расстояния; в) сопоставление с традиционным подсчетом.

При оценке содержаний геостатистическими методами наблюдается занижение по отношению к традиционным методам.

Таблица 3

Относительные расхождения подсчетов традиционным и геостатистическим методами. Месторождение II

Категория запасов	Запасы руды, %	Содержание, %			Запасы металла, %		
		Zn	Pb	Ag	Zn	Pb	Ag
B	5,6	-14,7	-19,1	-10,6	-8,3	-12,4	-4,5
C ₁	1,2	-4,5	-0,5	0,9	-3,2	0,8	2,1
C ₂	-1,2	-3,1	2,0	-2,7	-4,3	0,8	-4,0
B+C ₁ +C ₂	0,4	-2,3	-2,0	-1,5	-1,9	-1,6	-1,1

III. Медно-порфировое месторождение. Линейный крутопадающий штокверк (3200*600 м) со сложным внутренним строением. Повариантный подсчет запасов произведен по 3 вариантам бортовых содержаний условной меди(0,2; 0,25; 0,3 %) с использованием блочного моделирования. Выделение интервалов и оконтуривание рудных зон выполнялось по традиционной методике, расчет средних содержаний производился через блочную модель. Основной подсчет запасов выполнен методом вертикальных разрезов.

Примененный в традиционном подсчете коэффициент рудоносности учтен с использованием модификации индикаторного кригинга.

В связи с значительными различиями в запасах и средних содержаниях попутных компонентов экспертизой было указано на необходимость доработки блочной модели.

Таблица 4

Относительные расхождения подсчетов традиционным и геостатистическим методами. Месторождение III

Категория запасов	Запасы руды, %	Содержания полезных компонентов, %				Запасы металла, %			
		Cu	Au	Mo	Ag	Cu	Au	Mo	Ag
C ₁ +C ₂	0,8	0,1	-3,2	0,2	20,7	1,4	-1,9	10,4	21

Выводы.

В настоящий момент в государственной экспертизе сложилась успешная практика использования геостатистических методов оценки в следующем виде:

- оконтуривание производится по традиционной методике;
- по контурам производится каркасное моделирование;
- проводится блочное моделирование в пределах каркасов с интерполяцией содержаний геостатистическими методами (как правило, кригинг) или методом обратного расстояния.

При таком подсчете запасы, как правило, совпадают с традиционным подсчетом, различия появляются в оценке содержаний, что может быть связано как с естественным различием методов, так и с процедурами подготовки данных.

Литература

1. Дюжев С.В. Опыт экспертизы материалов ТЭО кондиций и подсчета запасов, выполненных с применением ГГИС. Экспертиза баз данных // Недропользование XXI век. – 2015. – № 5. – С. 76-82.
2. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. – СПб. : Недра, 2002. – 424 с.
3. Капутин Ю.Е. Повышение эффективности управления минеральными ресурсами горной компании (геологические аспекты). – СПб. : Недра, 2013. – 246 с.
4. Рекомендации к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчету запасов твердых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа. – М. : ГКЗ МПР РФ, 2015. – 86 с.
51. Coombes J. The art and science of resource estimation. Perth : Coombes Capability, 2010. – 231 p.

S-VI

**СЕКЦИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ И
ГЕОИНФОРМАТИКИ**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Брюховецкий О.С.

bos.rggru@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Комплексное геофизическое исследование скважин (ГИС) и процессов перекачки позволяет повысить эффективность добычи нефти и газа. Однако, объединение в одной измерительной системе несколько типов исследовательской аппаратуры, что имеет место в настоящее время, создает много проблем по их согласованию. Каждый тип измерений имеет свою технику и методику, кроме этого сказывается взаимное влияние одних методов на другие, что искажает измерения. При комплексных геофизических исследованиях сильно увеличиваются технологические и эксплуатационные расходы, что зачастую делает экономически невыгодными комплексные ГИС.

В настоящее время интенсивно развиваются волоконно-оптические способы измерения физических величин и передачи данных. **Волоконно-оптическими датчиками (ВОД)** можно измерять практически все существующие геофизические параметры скважины, при этом они обладают значительными преимуществами перед остальными способами измерения. Это помехозащищенность от электромагнитных полей; отсутствие электрических цепей в каналах измерения и передачи данных; высокая стойкость оптоволокна к вредным воздействиям окружающей среды, малые весогабаритные параметры; малое энергопотребление и стоимость. Не менее важно, что вся измерительная система ГИС создается по единой технологии.

Волоконно-оптические измерительные системы становятся практически вне конкуренции по всем параметрам при использовании интеллектуальных систем управления ГИС (так называемые «**интеллектуальные скважины**»). В этом случае резко возрастает плотность измеряемой и передаваемой информации. Переход от электрического способа получения передачи информации к оптическому становится единственным способом для решения данной проблемы.

Использование световодов для каналов связи в локальных системах, а также при передаче данных на большие расстояния, имеет неоспоримое преимущество перед аналогичными электронной и радиоэлектронной системами связи. Эти же преимущества отличают и измерительные системы, построенные на базе волоконно-оптических технологий. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) и волоконно-оптические датчики (ВОД) позволяют создавать геофизические измерительные системы нового поколения, обладающие высокой степенью точности и надежности, а также повышенной помехозащищенностью.

В настоящее время разрабатываются волоконно-оптические датчики на все основные виды физических полей: давления, температуры, удельного электрического сопротивления, электромагнитных полей, смещения, скорости, ускорения и т.д. Их объединение в единую комплексную измерительную систему позволит получать наиболее полную информацию о геофизических процессах. Важно подчеркнуть, что объединение волоконно-оптических измерительных приборов в системы может применяться и для задач мониторинга скважин и 3D-томографии межскважинных пространств.

Методы измерения, базирующиеся на традиционных датчиках физических величин, по многим показателям уступают ВОД. Однако следует отметить, что разработанные в последнее время скважинные приборы для одновременного измерения давления и температуры с электронной регистрацией сигнала (типа АМТ, АМТ-06), обладают высокими метрологическими характеристиками и широкими функциональными возможностями.

Эти приборы могут служить прототипами для конструктивной доработки их модификаций в интеграции с опто-волоконными технологиями. Использование для этих целей

широкополосных и узкополосных источников оптического излучения может быть обеспечено использованием различных схем мультиплексирования.

В настоящее время наиболее перспективной является разработка универсальных типов ВОД, позволяющих одновременно получать информацию о различных физических величинах. Например, датчики, совмещающие в себе измерение температуры, давления и фиксацию микро-перемещений.

Широко используются ВОД акустического давления, которые по сравнению с пьезоэлектрическими керамическими датчиками имеют лучшее согласование импеданса, обладают коррозионной стойкостью, нечувствительностью к электромагнитным помехам, термическим и механическим ударным воздействиям. ВОД акустического давления возможно использовать при больших длинах взаимодействия, что позволяет получать высокую чувствительность и заданную направленность.

В результате проведенных исследований установлено, что для решения этих задач, прежде всего, подходит использование поляризационных ВОД, а также ВОД резонансного типа, как наиболее чувствительных к большому числу возмущающих физических факторов.

В связи с наличием больших возмущений и искажений в значениях измеряемых параметров, присущих технологическим процессам нефте- и газодобычи, на первый план выдвигается разработка систем, осуществляющих фильтрацию и анализ достоверности полученных данных. Этот аспект рассматриваемой проблемы приобретает особую актуальность при попытках использования прецизионных ВОД, и в частности, ВОД с распределенными параметрами, которые весьма перспективны для геофизических исследований скважин.

Наши исследования этих вопросов показали, что одной из наиболее важных проблем в области нефтедобычи является разработка системы сбора, обработки и фильтрации полезного сигнала, основанная на использовании многомерных баз данных. Весьма перспективной представляется также разработка устройств, в которых производится обработка сигналов волоконных интерферометров методами голографической фильтрации.

Одним из перспективных путей развития волоконно-оптических технологий для работы в реальных условиях нефте-газовых скважин является **интеграция хорошо себя зарекомендовавших датчиков не оптического типа с возможностями волоконной оптики**. Это направление дальнейших исследований может дать важные результаты, при минимальных финансовых вложениях на проведение необходимых конструкционных доработок, при использовании уже существующих в настоящее время датчиков.

Таким образом, в ближайшем будущем волоконно-оптические измерительные системы в интеллектуальных системах управления сложными динамическими технологическими процессами, к которым относится нефтеразведка и нефтедобыча, будут востребованы.

Литература

1. Окоси Т. И др. Волоконно-оптические датчики. Л. Энергоиздат, 1990, пер. с японского. с. 255.
2. Кульчин Ю.Н. Распределенные волоконно-оптические датчики и измерительные сети. Владивосток: Дальнаука, 1999, с. 283.
3. O.V. Butov, K.M. Golant, Yu. K. Chamorovskii, A.A. Kolosovskii, V.A. Isaev, V.V. Voloshin, I.L. Vorob'ev, Ya. V. Gousev, I.V. Sokolov. IIIⁿ-fiber Bragg gratings for sensor applications at high temperatures in Optical Fiber Communication Conference on CD-ROM (The Optical Society of America, Washington, DC, 2004), FC5.

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РУДНОГО РАЙОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

¹Гонгальский Б.И., ¹Мурашов К.Ю., ²Павлович Г.Д., ³Тимашков А.Н.

¹brgon@mail.ru, ИГЕМ РАН, ²МГРИ-РГГРУ, ³ВСЕГЕИ,

Москва, Россия

Совмещение в пространстве месторождений Fe-Ti-V, Fe-Ag-Cu, Cu-PGE, U-REE Удокан-Чинейского рудного района (УЧРР), выяснения генезиса каждого в отдельности месторождения от открытия Удоканского месторождения в 1949 г. выпускницей МГРИ Е.И. Буровой до настоящего времени являются предметом острых дискуссий. Генезис месторождений залегающих в осадочных породах (Удокан, Ункур, Правоингамакское, Красное, Бурпала и др. большинством геологов (Богданов и др., 1966; Кренделев и др., 1983; Наркелюн и др., 1986; Володин и др., 1994) принимался первично осадочным. Ряд исследователей признают роль постседиментационных диагенетических и последующих (метаморфических и метасоматических) процессов (Кренделев и др., 1983; Четкин и др., 2000, Perello e.a. 2016). С гидротермами близко расположенных или нескрытых интрузивов связывали генезис оруденения (Резников, 1965; Вольфсон, Архангельская, 1987; Апольский, 1992, Конников, 1986; Гонгальский, Криволицкая, 1993, Гонгальский, 2015).

В генетических построениях большинства исследователей упускались принципиальные моменты, которые не позволяли авторам освободиться от господствующих представлений первично осадочного образования сульфидных руд в осадочных породах. К таким моментам мы относим игнорирование заключений геофизиков еще в 60 годы о глубинном строении УЧРР, высоких концентраций новообразованного магнетита, широкое распространение брекчиевых текстур в халькозин-борнитовых рудах, проявлений уранредкоземельной минерализации на завершающих стадиях формирования сульфидных руд, как в осадочных, так и в магматических породах. Внедрения кислых и основных магм приводили к воздыманию и прорыванию осадочных пород, формированию антиклинальных структур. Наряду с разломами, сопровождавшими такие внедрения, происходили многочисленные подвижки вдоль слоистости пород (Салихов, Петровский, 2004), послуживших благоприятной средой для рудоотложения.

В 60-70 годы работами ленинградских геофизиков были проведены детальные экспериментальные работы на месторождениях (Удокан, Ункур, Праоингамакское, Саку, Клюквенном и Кильчерис, а также месторождениях Чинейского массива и Cu-Ni рудопроявлениях Луктурского массива (Мельниченко и др., 1972). Д.В. Трофимовичем впервые было выдвинуто предположение о возможном нахождении второй половины Чинейского массива под Удоканским месторождением, погруженном на 4,5-5 км. Интерпретация аномалий магнитного поля на месторождении Ункур, совпадающих с направлением основного рудного тела с магнетитовыми осадочными слоями оказалась неверной в связи с существенно более высокими концентрациями новообразованного магнетита в сульфидных рудах как Ункурского, так и Удоканского месторождений. Куликов В.А., Яковлев А.Г. обобщая удивительное сходство геологического разреза Удоканского месторождения с его геоэлектрической и поляризационной моделями по традиции объясняли границу сульфидного рудного тела магнетитовыми слоями в верхней части сакуканской серии. На самом деле они фиксировали границу надрудной серии и сульфидными рудами с магнетитом. Первые определения изотопного возраста титанита в согласных с напластованием и секущих халькозин-борнит-кварцевых жилах (Perell'о e.a., 2016) равным $1896,2 \pm 6,2$ млн лет. По их возрастной модели формирование удоканских руд происходило на 160 миллионов лет позже отложения осадочных пород во время регионального метаморфизма. Это событие в регионе совпало с столкновением Алдана и Становика при $\sim 1,9$ Ga. Именно с этим событием связано внедрение ультрабазит-базитовых интрузий чинейского комплекса и гранитных магм кодарского комплекса.

Примечательным фактом является тесное соседство месторождений в осадочных и магматических породах. Это Удоканское месторождение и месторождения Чинейского массива, рудопроявления Луктурского массива с месторождением Ункур. В Луктурском массиве рудопроявления медно-никелевых руд с преобладанием никеля над медью, на Ункурском месторождении преимущественно халькопиритовым составом руд и высокими значениями концентраций серебра (на порядок более высокими чем в удоканских рудах). В сульфидных рудах месторождений Удокан и Ункур установлены высокие содержания железа (магнетита) и проявления уран-редкоземельной минерализации. Над рудными залежами устанавливались повышенные значения магнитного поля, природа которых оставалась неясной. Магнетитовых слоев для объяснение высоких значений поля ΔT было недостаточно. Высокие концентрации магнетита в рудах обычно связывались с перекристаллизацией магнетита из осадочных слоев, но объемы их были не сопоставимыми с объемом новообразованного магнетита сульфидных руд. Для Ункурского месторождения отмечалось также небольшое повышение радиоактивного поля над рудными телами, но оно также не получило при поисковых работах объяснения.

Переинтерпретация геофизических материалов прежних лет, построение 3D моделей УЧРП позволили получить объемные модели высокоплотных тел, которые предположительно можно объяснить совмещением разноглубинных магматических камер, после кристаллизации – расслоенных массивов. Разновременные внедрения магм установлены нами при формировании Чинейского массива (около 70 млн. лет, Гонгальский и др., 2012). Высокоплотное тело прослеживается до глубины 19-20 км (ограничения метода) со смещением под Удоканское месторождение, подтверждая предположение Д.В. Трофимовича. Обособленно выделяется высокоплотное тело СВ простирания, которое в районе Ингамакитской гравитационной ступени СЗ простирания резко погружается под Удоканское месторождение. На 2D разрезах магнитного поля участка Чинейского массива в интервале глубин 0-4 км подтверждается зональное строение массива и обособленность высокотитанистых габброидов (месторождения Этырко и Магнитное). Луктурский массив представляет собой также верхнюю часть высокоплотного тела прослеживающегося на глубину 19-20 км (скв.32 на глубине 2 км не вышла из магматических пород). В юго-восточном экзоконтакте расположено Ункурское месторождение меди, на котором в настоящее время проводятся геологоразведочные работы канадской фирмой «AZARGA» (www.azargametals.com).

Таким образом, применение новых методов обработки геофизических данных, новых прецизионных аналитических исследований позволяют «открывать» ранее недоисследованные объекты, определить перспективные площади для обнаружения новых месторождений уже известных в УЧРП и новых генетических типов.

Литература

1. Гонгальский Б.И. Месторождения уникальной металлогенической провинции Северного Забайкалья. М.: ВИМС. 2015. 248 с.
2. Мельниченко В.Я., Четкин В.С., Трофимович Д.В. Отчет о результатах поисковых работ, проведенных Намингинской партией на Ункурском месторождении меди в 1969-71 гг. Чита, 1972.
3. Куликов, В.А. Яковлев А.Г. Практическое применение магнитотеллурических методов в рудной геофизике. Разведка и охрана недр. - 2011. - № 3. - с.26-33.
4. Perelló, Jos'e, Sillitoe, Richard H., Yakubchuk, Alexander S., Valencia, Victor A., Cornejo, Paula, Age and tectonic setting of the Udokan sedimenthostedcopper-silver deposit, Transbaikalia, Russia, Ore Geology Reviews (2016), doi:10.1016/j.oregeorev.2016.11.004.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО СБОРА ДАННЫХ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР

Грохольская С.А. (Научный руководитель Новиков К.В.)
svetka_sos@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В рамках Государственного мониторинга состояния недр проводится геодинамический мониторинг, при осуществлении которого происходит наблюдение за:

1. гидрогеодеформационным полем (измеряется уровень подземных вод, электропроводность, температура воды, атмосферное давление, температура воздуха);
2. естественным импульсным электромагнитным полем Земли (ЕИЭМПЗ);
3. газгидрохимическими показателями (объемной активностью Ra и концентрацией Ne в подземных водах).

Кроме того, используются сейсмические данные, как наблюдаемые, так и получаемые из различных открытых источников.

Для наблюдения за большинством указанных параметров используются автоматизированные комплексы, которые производят замеры и передачу данных посредством спутниковой и сотовой связи. Автоматические регистраторы данных сегодня не являются редкостью и применяются достаточно широко. Положительным моментом при использовании таких измерительных систем является возможность увеличения числа измерений и оперативность поступления информации.

Так как при автоматизации процесса измерений возникает необходимость в разработке потоковых процедур, направленных на хранение и обработку большого объема данных, была создана система сбора и накопления данных геодинамического мониторинга.

Система сбора получает данные с автоматизированных телеметрических измерительных комплексов, установленных на пунктах наблюдений. Передача данных производится по электронной почте, FTP-протоколу или напрямую на специальный модем. Далее специальная служба принимает и распознает данные, после чего они загружаются с базу данных. После загрузки БД данные доступны для их дальнейшей обработки.

Но за время использования системы сбора и накопления были выявлены недочеты, что привело к необходимости разработки системы второго поколения (ССН-2), с большей автоматизацией процедур.

Для контроля качества данных была создана система контроля, основанная на анализе рядов наблюдений. Алгоритм такого контроля состоит из нескольких тестов:

1. контроль наличия данного измерения в базе осуществляется путём проверки наличия в базе измерения с такой же датой и временем;
2. контроль даты (дата не может быть больше текущей и много меньше текущей);
3. проверка выхода за максимальное и минимальное значение (проверка «отскоков») необходима для контроля смещения нуля прибора и превышающих разумные пределы отскоков;
4. контроль «отскоков» по градиенту необходим для контроля некорректных значений, которые находятся в интервале между максимальным и минимальным значениями;
5. контроль «систематических отскоков» для выявления дефектов датчиков;
6. проверка полноты ряда наблюдений осуществляется после поступления данных в базу.

Кроме указанных выше разработаны дополнительные алгоритмы контроля, которые регистрируют опасность осушения датчика и опасность превышения номинала датчика.

Также реализован дифференцированный доступ пользователей и web-интерфейс, позволяющие удаленно работать с системой.

Обновленная система сбора и накопления данных обеспечивает непрерывную работу наблюдения и предотвращение возможных нештатных ситуаций.

Литература

1. Берёзко О.А., Васнёва О.В. и др. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений 2008 / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ; под. ред. С.И. Кузьмина, С.П. Уточкиной. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2009. – 75 с.
2. Войтов И.В. Научные основы рационального управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек для достижения устойчивого развития и эколого-безопасного водоснабжения Беларуси. – Мн.: «Современное слово», 2000 – 476 с.
3. Куликов Г.В., Тимофеев В.М., Круподерова О.Е. ГГД-мониторинг и повышение его сейсмоструктурной информативности. // Разведка и охрана недр. – И.: Недр, №10, 2004., с.27-32.
4. Курило К.А., Березко О.А., Васнева О.В. и др. Функционирование и перспективы развития кадастра подземных вод Беларуси / К.А. Курило и др. // Природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 34–43.
5. Методические указания по ведению гидрогеодеформационного мониторинга для целей сейсмопрогноза (система R-STEPS) / Сост.: Г.С. Вартамян, В.С. Гончаров, В.П. Кривошеев, Э.П. Потемка, С.К. Стажило-Алексеев // ЗАО "Геоинформмарк". – М., 2000. – 77с.
6. Организация и производство наблюдений за режимом уровня, напора и дебита подземных вод (методические рекомендации). / Сост. А. В. Лебедев, С. М. Семенов, Ю. Б. Челидзе – М.: ВСЕГИНГЕО, 1983 – 85 с.
7. Организация, функционирование и перспективы развития мониторинга подземных вод / К.А. Курило, О.А. Березко, Е.М. Черевач, О.В. Васнева, О.А. Буйневич, А.А. Алешко // Инновационное развитие геологической науки – путь к эффективному и комплексному освоению ресурсов недр: материалы Междунар. науч. – практ. конф., Минск, 19–21 дек. 2007 г. / Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт; науч. ред. Э.А. Высоцкий; ред.кол.: Н.С. Петрова [и др.]. – Минск, 2007. – С. 220 – 227.
8. Шерман С.И., Днепровский Ю.И. Поля напряжений земной коры и геологоструктурные методы их изучения. Новосибирск, Наука, 1989, с. 157.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Каринский А.Д., Даев Д.С., Мазитова И.К.

akarinski@mail.ru, ddaev@mail.ru, kamilovn@yandex.ru,

Российский государственный геологоразведочный университет

имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), 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 и др., 2012]. Была также показана возможность применения такого подхода для моделирования влияния имеющих малые размеры объектов ΔV на результаты некоторых методов электроразведки. Условием, чтобы воспользоваться таким подходом, было то, чтобы (с "достаточной" точностью) в пределах объекта ΔV первичное электрическое, либо ЭМ поле было однородным. На этой основе были получены результаты математического моделирования S - эффекта и P - эффекта в методе сопротивлений [Каринский и др., 2014, а, б] и ρ - эффекта в методе магнито-теллурических зондирований [Каринский и др., 2014, в].

В докладе описан применённый нами алгоритм расчётов и приведены результаты математического моделирования для нескольких модификаций метода сопротивлений в случаях, когда на результаты этого метода оказывает влияние расположенный в проводящем полупространстве с удельным электрическим сопротивлением $\rho = \rho_1$ имеющий конечные размеры и изометричную форму объект V_0 с $\rho = \rho_0$. Обусловленное присутствием такого объекта V_0 вторичное электрическое поле \mathbf{E}^B можно представить суммой полей, создаваемых множеством ("заполняющих" область V_0) малых элементов ΔV с дипольными моментами $\Delta \mathbf{P}$.

Отметим, что на основе применённой 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 метода сопротивлений, но и в некоторых методах переменного ЭМ поля: МТЗ, ЧЗ, 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 объектов V_0 и интерпретации результатов измерений не только в методах стационарного электрического поля, но и в методах переменного ЭМ поля.

Известно (см., например, [Альпин, 1971]), что если первичное стационарное электрическое поле \mathbf{E}^n - однородно в пределах объекта V_0 , а расположенный в безграничной однородной среде объект V_0 имеет форму шара, то вне объекта V_0 , вторичное поле \mathbf{E}^B идентично полю электрического диполя с центром в центре o объекта V_0 и с дипольным моментом \mathbf{P} , коллинеарным направлению \mathbf{E}^n . При $\mathbf{E}^B = \text{grad} U^B$ потенциал U^B поля \mathbf{E}^B в точке a , расположенной вне объекта V_0 , определяет следующее выражение:

$$U^B(a) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(\mathbf{P} \cdot \mathbf{L}_{oa})}{L_{oa}^3} = C R_{ш}^3 \frac{(\mathbf{E}^n \cdot \mathbf{L}_{oa})}{L_{oa}^3} = \frac{C R_{ш}^3 E^n}{L_{oa}^2} \cos \theta, \quad (1)$$

где \mathbf{L}_{oa} – радиус-вектор с началом в центре o шара и концом в точке наблюдения a . $R_{ш}$ – радиус шара, дипольный момент $\mathbf{P} = 4\pi\epsilon_0 C R_{ш}^3 \mathbf{E}^n$, ϵ_0 – электрическая постоянная, $C = (\rho_1 \rho_0) / (\rho_1 + 2\rho_0)$, ρ_0 и ρ_1 – удельные сопротивления шара и окружающей его среды, θ – угол между направлениями поля \mathbf{E}^n и радиуса-вектора \mathbf{L}_{oa} . В выражении (1) дипольный момент

$$\mathbf{P} = F \cdot \mathbf{E}^n, \quad \text{где } F = 3\epsilon_0 \cdot C \cdot V_0 = 3\epsilon_0 \frac{1 - (\rho_0 / \rho_1)}{1 + 2(\rho_0 / \rho_1)} V_0, \quad V_0 = (4/3) \cdot \pi \cdot R_{ш}^3. \quad (2)$$

В применённом нами для расчётов алгоритме расположенный в проводящем полупространстве V_1 объект V_0 был представлен совокупностью множества элементов ΔV в форме имеющих малые размеры кубов с рёбрами h , параллельными одной из осей: X, Y, Z декартовых координат, и с объёмами $\Delta V=h^3$. Размеры h элементов ΔV должны быть достаточно малыми для того, чтобы (с удовлетворительной точностью) можно было допустить, что в пределах каждого элемента ΔV первичное поле \mathbf{E}^n - однородно. Тогда вне этих элементов обусловленное каждым из них вторичное поле подобно полю электрического диполя, момент которого определяет выражение (2) при замене V_0 на ΔV . Пользуясь (1), (2), можем выразить потенциал U^b и компоненты поля \mathbf{E}^b в декартовых координатах x, y, z через компоненты P_x, P_y, P_z дипольных моментов элементов ΔV .

Сначала мы предположили, что если элемент ΔV имеет форму куба, то его дипольный момент равен дипольному моменту шара с таким же, как у куба, объёмом. Но результаты численных экспериментов показали, что это не так. Было выяснено, что при указанных выше условиях замена элемента ΔV в форме шара на такой же по объёму ΔV элемент в форме куба - не корректна. На основе численных экспериментов было установлено, что для такой замены нужно воспользоваться коэффициентом, в котором учтены различия в площади $S_{\text{куб}}=6 \cdot h^2$ поверхности элемента ΔV в форме куба и площади $S_{\text{шар}}=4\pi \cdot R_{\text{ш}}^2$ поверхности элемента ΔV в форме шара. В применённом нами алгоритме расчётов был предусмотрен учёт влияния дипольных моментов $\Delta \mathbf{P}$ элементов ΔV , как источников вторичного поля, на дипольные моменты $\Delta \mathbf{P}$ других элементов ΔV .

В методе сопротивлений всегда бывает необходимо учесть влияние практически непроводящего и отвечающего воздуху "верхнего полупространства" V_b с удельным электрическим сопротивлением $\rho_{\text{возд.}} \rightarrow \infty$. В первом приближении граница полупространства V_b - это плоскость. В этом случае, для учёта влияния полупространства V_b на характеристики стационарного электрического поля можно воспользоваться методом зеркальных изображений (см., например, [Альпин, 1971]). Этим же методом мы воспользовались в нашей работе. Для этого, в частности, надо было учитывать взаимное влияние множества малых элементов ΔV , заполняющих не только область V_0 в проводящем полупространстве, но и область V_0' в "верхнем" полупространстве V_b . Эти две области имеют одинаковые пределы изменения координат x, y , но разные по знаку пределы изменения координаты z .

В докладе приведены полученные на основе разработанного алгоритма расчётов результаты математического моделирования, иллюстрирующие влияние локальных объектов V_0 в форме куба, либо шара, на направление поля \mathbf{E}^b и на результаты следующих модификаций метода сопротивлений: симметричное электропрофилирование (СЭП), вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и метод срединного градиента (СГ). Сделаны выводы о том, какими могут быть направления дальнейших исследований на основе описанной в докладе методики численных расчётов.

Литература

1. Альпин Л.М. Практические работы по теории поля. М.: Недра, 1971. 305 с.
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 С-эффекта и Р-эффекта в методах сопротивлений электроразведки // Геофизика. 2014. № 1. С. 36- 45.
4. Каринский А. Д., Даев Д. С., Мазитова И. К. Математическое моделирование С-эффекта и Р-эффекта при электрических зондированиях с установкой Шлюмберже. Электронное научное издание "ГЕОразрез", выпуск 2014.01 (14), 16 с.; //www.georazrez.ru/issue-archive/2014/14/.
5. Каринский А. Д., Даев Д. С., Красносельских А. А., Мазитова И. К. Математическое моделирование влияния приповерхностных локальных неоднородностей на результаты магнитотеллурических зондирований // Геофизика. 2014, № 6, С. 62- 70.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ЦЕЛЮ ОБОСНОВАНИЯ НОВОГО МЕТОДА - КАРОТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ

¹Каринский А.Д., ²Красносельских А.А.

¹ akarinski@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет

имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ),

Москва, Россия

² andrey94ak@mail.ru, ФГУП «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» ЦНИГРИ, Москва, Россия

В квазистационарном приближении электрически анизотропные горные породы с осью анизотропии n характеризуют три электрических параметра: поперечное (ρ_n) и продольное (ρ_t) удельные электрические сопротивления, а также коэффициент электрической анизотропии $\lambda = \sqrt{\rho_n/\rho_t}$. Параметры λ и ρ_n - более информативны, чем ρ_t , для определения многих практически значимых геологических характеристик горных пород. Но, как правило, на результаты применяемых в настоящее время методов электрического каротажа (например, КС, БКЗ, БК) и электромагнитного каротажа (ИК, ВИКИЗ) основное влияние оказывает параметр ρ_t пройденных скважиной горных пород.

Для электрически анизотропных моделей среды нами были получены решения прямых задач электродинамики, а также результаты математического и физического моделирования для имеющего принципиально-новую конструкцию зонда электромагнитного каротажа. В этом зонде, как, например, в методах индукционного каротажа (ИК), сторонним возбудителем электромагнитного (ЭМ) поля служит имеющая малые размеры генераторная "катушка" переменного тока, которую при расчётах и интерпретации результатов измерений можно аппроксимировать переменным магнитным диполем с моментом M . Но, в отличие от метода ИК, измерителями поля (датчиками), предназначенными для измерения характеристик не магнитного, а электрического поля, служат короткие измерительные линии MN , ортогональные направлению момента M и с центрами на оси генераторного магнитного диполя.

Анализ полученного в аналитическом виде решения прямой задачи электродинамики для модели однородной анизотропной немагнитной среды ([Каринский, 2002]) показал, что при выполнении определённых условий одна из компонент электрического поля (E_y) на оси переменного магнитного диполя зависит лишь от одного электрического параметра среды - коэффициента электрической анизотропии λ и не зависит от параметров ρ_n и ρ_t . В ближней зоне генераторного магнитного диполя, то есть при $|k_t|L \ll 1$, а также при $\alpha \neq 0$

$$|E_y| \approx |\operatorname{Im} E_y| \approx \frac{M \cdot f \cdot \mu_0}{2L^2} \left[\operatorname{ctg} \alpha \cdot \left(\frac{\lambda}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \lambda^2 \cos^2 \alpha}} - 1 \right) \right], \quad (1)$$

где $k_t = 2\pi\sqrt{i \cdot f \cdot \mu_0 / \rho_t}$ - продольное волновое число, i - мнимая единица, M - амплитуда момента магнитного диполя, f - частота, μ_0 - магнитная постоянная, L - "длина зонда", α - угол между осью анизотропии n и "осью зонда". В соответствии с (1) при заданных значениях M , f и L амплитуда $|E_y|$ компоненты E_y зависит только от коэффициента анизотропии λ и угла α . Заметим, что при комплексных геофизических исследованиях скважин для определения угла α можно воспользоваться результатами инклинометрии и наклонометрии.

На основе выражения (1) были проведены численные оценки влияния погрешностей измерения значений амплитуды $|E_y|$ и угла α на точность вычисления коэффициента электрической анизотропии λ . Эти оценки показали, что погрешность определения λ растёт с увеличением λ и существенно зависит от угла α . Условия, благоприятные для определения λ (с удовлетворительной погрешностью) по величине $|E_y|$, следующие: 1) $\lambda \leq 3-3.5$; 2) $10^\circ - 15^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ - 85^\circ$. Первое из этих условий, в подавляющем большинстве случаев, справедливо

для анизотропных горных пород. Второе из этих условий, конечно, ограничивает возможности применения обоснованного нами метода для определения коэффициента электрической анизотропии λ , особенно при близких к 0° значениях угла α .

Выводы о том, что величина $|E_y|$ против моделей анизотропных пластов зависит только от коэффициента анизотропии λ и угла α , подтвердили приведенные в работах ([Каринский, 2002]), [Красносельских и др., 2015], [Каринский и др., 2015, 2016,а], результаты численных расчётов, полученные на основе решения прямой задачи электродинамики для 1D модели среды: "анизотропный пласт в изотропной вмещающей среде". В докладе приведены результаты расчётов, полученные для таких моделей анизотропной среды.

Кроме полученных на основе математического моделирования результатов численных расчётов для относительно простых моделей среды, одним из авторов этого доклада были проведены многочисленные физические эксперименты для приближающихся к реальным условиям при геофизических исследованиях скважин трёхмерных (3D) моделей среды. Такие модели среды соответствовали пройденным наклонной скважиной пластам с различными значениями коэффициента электрической анизотропии λ , расположенным в изотропной вмещающей среде. Модели анизотропных пластов были изготовлены из слоёв мебельного картона, либо из чередующихся прослоев такого картона и полиэтиленовой плёнки. Результаты физического моделирования показали, в частности, то, что присутствие скважины не оказывает существенного влияния на те закономерности влияния коэффициента анизотропии λ на результаты измерений с имеющим новую конструкцию зондом электромагнитного каротажа, которые были установлены при теоретических исследованиях. В докладе приведены результаты физического моделирования для некоторых пройденных скважиной моделей анизотропных пластов.

Пользуясь номограммами, полученными на основе расчётов для модели однородной анизотропной среды, была опробована методика определения коэффициента анизотропии λ моделей анизотропных пластов. Данными для интерпретации послужили результаты, полученные при физическом моделировании одним из авторов этого доклада. Было показано, что (при значениях $\alpha=30^\circ$ и $\alpha=45^\circ$) значение λ пластов могут быть определены как в тех случаях, когда величина λ больше единицы на десятые доли процента, так и в тех случаях, когда коэффициент анизотропии равен 3 - 3.5. Отметим, что на основе проведенных нами исследований была подана заявка в Федеральную службу по интеллектуальной собственности (Роспатент) и получен патент на имеющего новую конструкцию зонд электромагнитного каротажа ([Каринский, Красносельских, 2016,б]).

Литература

1. Каринский А. Д. Физические предпосылки измерения различных компонент поля в электромагнитном каротаже при изучении анизотропии пластов // Геофизика, 2002, № 4, С. 15 - 23.
2. Красносельских А. А., Каринский А. Д. Опыт лабораторного и математического моделирования нового зонда электромагнитного каротажа для определения коэффициента электрической анизотропии горных пород // Руды и металлы, 2015, №3. С. 78-84.
3. Каринский А. Д., Красносельских А. А. Математическое и физическое моделирование зонда электромагнитного каротажа предназначенного для определения коэффициента электрической анизотропии горных пород. Электронное научное издание "ГЕОразрез", выпуск №1- 2015(15), 13 с.; <http://www.georazrez.ru/issue-archive/2015/15/>.
4. Каринский А. Д., Красносельских А. А. Моделирование каротажного зонда, предназначенного для определения коэффициента электрической анизотропии пород // Геофизика. Научно-технический журнал. ЕАГО, 2016, № 1, С. 26- 33.
5. Зонд комбинированного электромагнитного каротажа для определения электрической анизотропии горных пород, пройденных скважиной: пат. 165115 Рос. Федерация: МПК G01V3/28/ А. Д. Каринский, А. А. Красносельских. – № 2016104113/28; заяв. 09.02.2016; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 28. – 2 с.

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПОЛЗНЕВОГО ТЕЛА

Какунина А.О., Романов В.В.

какунина_anna@inbox.ru, roman_off@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Оползень — это геологическое тело, формирующееся путём отделения части горных пород или грунтов, слагающих склоновый массив, и последующего его смещения. При оползневом процессе тело оползня сохраняет связь со средой своего образования (коренными породами или грунтами склона) и выделяется по стенке отрыва — видимой части поверхности смещения. Оползневые отложения четвертичного возраста называют *делянсом*, породы подводных оползней называют *олистостромами*.

Оползни классифицируются по причинам возникновения, размеру, механизму смещения, форме в плане, возрасту и геологическим условиями образования.

По *причинам*, вызывающие оползневые процессы выделяются:

береговые,
тектонно-сейсмогенные,
гидрогенные,
карстово-суффозионные,
криогенные,
техногенно-антропогенные,
полигенные оползни.

По *размеру*, то есть длине, ширине и мощности сместившихся масс, оползни подразделяются на:

мелкие (мощность менее 5 м),
средние (длина и ширина – более 10 м, мощность до 30 м),
крупные (длина и ширина более 100 м, мощность до 70 м),
гигантские (длина и ширина до нескольких километров, мощность до 110 м).

По *механизму смещения* оползни делятся следующим образом:

оползни скольжения,
выдавливания,
выплывания,
течения,
проседания,
сложные оползни,
оползни в скальных породах.

По *форме в плане* оползни подразделяются на:

циркообразные,
фронтальные,
глетчерообразные,
блоковые оползни,
оползни-потоки.

По *возрасту* оползни разделяют на древние, молодые и современные.

По *геологическим условиям образования* выделяются оползни коренных горных пород и выветрелых пород (грунтов) верхней части разреза.

На развитие оползней оказывают влияние сейсмотектоническая активность, процессы выветривания, эрозии, абразии, суффозии, количество выпадающих осадков и характер их инфильтрации, гидрогеологические факторы, протаивание и промерзание, а также многосторонняя деятельность человека.

Благоприятными условиями для формирования оползней и осадочных потоков являются резко расчленённый рельеф материкового склона, крутизна склона, песчано-

глинистые отложения, слагающие верхнюю часть осадочной толщи, тектонические и неотектонические движения, сейсмичность. Повышенная микросейсмическая активность, в том числе и техногенная, также может активизировать движение осадков, формирование и перемещение оползней.

Главной особенностью оползней является нестабильность, повторяемость во времени, цикличность. Каждый цикл развития оползня подразделяется на несколько последовательных этапов. На первом этапе постепенно снижается устойчивость пород, слагающий склон, вдоль которого в дальнейшем происходит оползень. Длительность этого этапа может быть различной, от нескольких лет до нескольких минут. Далее происходит резкая потеря (сброс) устойчивости горных пород, после чего оползень стабилизируется.

В потенциально оползнеопасных районах проводятся исследования инженерно-геологическими, геодезическими и геофизическими методами. При прогнозировании оползней необходимо иметь информацию о геофизических свойствах пород неизменённого склона и неустойчивых блоков, формирующих оползень. Среди наиболее эффективных геофизических методов для исследования оползней выделяются методы электроразведки и сейсморазведки.

Те оползни, которые образовались за счёт обвала бровки и переместились на небольшое расстояние, сохраняют свою внутреннюю слоистую структуру, что благоприятно для использования методов электроразведки и сейсморазведки. На геосейсмических разрезах поверхности скольжения оползневых тел выделяются как наклонные, относительно гладкие и чёткие сейсмические границы.

Потенциальная возможность развития оползней связана с наличием слоёв мягкопластичных глин с низким удельным электрическим сопротивлением (2–7 Ом·м) и толщи насыщенной грунтовыми водами аллювиальных и флювиогляциальных грунтов песков и супесей. Насыщение водой песков и супесей увеличивает массу геологических тел (блоков), которые их содержат, и провоцирует смещение вниз по склону. Смещение происходит по поверхностям скольжения, проходящих по слоям увлажнённых глинистых грунтов.

Наличие воды снижает силу трения в основании оползневых тел и провоцируется активизацию оползня в целом. Если слой глин, по которому происходит смещение насыщенных водой блоков оползня, является первым водупором, то уровень грунтовых вод, его форма и колебания высотных отметок позволяют определить форму зеркал скольжения по данным сейсморазведки. Кроме того, в оползневых телах снижается скорость продольных и поперечных волн, падает коэффициент анизотропии и возрастает неидеально-упругое поглощение.

Модель оползневого тела, следовательно, может быть представлено как система из трех элементов — неизменённого склона, поверхностей скольжения и сместившихся блоков. Поверхность скольжения отличается пониженным электрическим сопротивлением и значениями скорости продольных и поперечных волн, а также повышенным уровнем поглощения энергии сейсмических волн. Неизменённые грунты имеют высокие значения скорости и удельного сопротивления, в смещенных блоках скорость сейсмических волн значительно уменьшается.

Литература

1. Сергеев К.С., Рыжков В.И., Белоусов А.В., Бобачев А.А. Из опыта изучения развития обвальных и карстовых процессов методами инженерной геофизики // Инженерные изыскания. —2016. —№ 12. —С. 26-33.
2. Lyutov V.A., Shushkova A.N., Lyutova N.V. Study landslides geophysicist //Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. —2013. —№ 10 (226). —С. 21–23.
3. Романов В.В. Интерпретация сейсмической томографии на примере изучения геологического строения оползневого склона // Разведка и охрана недр. 2015. № 3. С. 34-37.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Любченко Ю. Ю.

yui77yui@rambler.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Качество информации, получаемой в ходе инженерных сейсморазведочных исследований, оценивается с точки зрения частотного состава и относительной амплитуды полезных (преломлённых и отражённых) волн. Кроме свойств самого измеряемого волнового поля на эти показатели влияют параметры самого средства измерения — сейсмостанции в комплекте с кабелями и датчиками.

Сейсморазведочные станции, применяемые в настоящее время в инженерной сейсморазведке, представляют собой цифровые многоканальные измерительные комплексы, применяемые для сбора и предварительной обработки сейсмических сигналов. От метрологических характеристик сейсмостанции зависит качество выделения полезных волн, в первую очередь малоамплитудных. Среди ключевых параметров станций, которые определяют качество воспроизведения — разрядность, коэффициент нелинейных искажений, уровень аппаратных шумов. Если разрядность станции, то есть количество бит в одном машинном слове, не зависит от условий эксплуатации, то уровень собственного шума существенно зависит от условий тестирования. Кроме того, большое значение имеют и другие узлы сейсмоизмерительного канала — коса и датчики. Например, значительно возрастают аппаратные шумы при передаче сигнала по аналоговым многожильным косам.

Для оценки влияния параметров узлов сейсморазведочной станции на качество информации при участии автора были проведены опытные работы на Сергиево-Посадском полигоне МГРИ-РГГРУ. Работы заключались в выполнении сейсморазведки методом преломлённых волн на объекте, разрез которого сложен покровными суглинками и валунным суглинками московского и днепровского оледенений.

Было установлено, что уровень совместного аппаратного шума сейсмической станции Диоген 24/14 и аналоговой 48-ми жильной косы таков, что при усилении менее 24 дБ значительно осложняет уровень полезного сигнала. Различие в разрядности между сейсмическими станциями Диоген 24/14 (14 бит) и Лакколит 24—М3 (24 бита) проявилось только на удалениях 0–12 м источника, где импульсы прямой волны станцией Диоген на усилении 48–60 дБ регистрировались с переполнением разрядной сетки. Импульсы преломлённых и отражённых волн обеими станциям регистрировались примерно одинаково. Вместе с тем, уровень собственных шумов станции «Диоген» практически в 4 раза превышает аналогичный показатель у «Лакколита».

Следовательно, различия метрологических характеристик современной аппаратуры при реализации инженерной сейсморазведки методами отражённых и преломлённых волн на небольших удалениях практически незначимы. Проблемы, возникающие при исследованиях в присутствии сильных вибраций или электромагнитных помех, решаются комплексно, то есть заменой источника или методики наблюдений и выбор более дорогой станции в таких условиях не гарантирует положительного решения.

Литература

1. Санфиоров И.А., Мухамедшин А.М., Ярославцев А.Г. Сейсморазведочные исследования глубинного строения габбрового массива в центре мегаполиса // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). —2010. —№ 12. —С. 124–130.

2. Владов М.Л., Капустин В.В. О проблемах инженерной сейсморазведки // Технологии сейсморазведки. —2014. —№ 2. —С. 104–112.

РАЗНОВИДНОСТИ АЛГОРИТМОВ ДЕКОНВОЛЮЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

Леденева В.С.

valeriya_ledeneva@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Аннотация: Рассматриваются разновидности алгоритмов деконволюции, применяемых при обработке сейсмических записей

Ключевые слова: сейсморазведка, обработка, деконволюция

Abstract: The variety deconvolution algorithms used in the seismic data processing is considered.

Key words: deconvolution, processing, seismic

В последнее время в сейсморазведке возрасли требования к разрешенности сейсмической записи. Для получения максимально возможной разрешенности применяется такая процедура обработки, как деконволюция[9]. Деконволюция может быть применена к различным данным, полученным с помощью наземной сейсморазведки МОВ ОГТ, ВСП, а так же к данным, полученным с помощью морской сейсморазведки[8]. Далее будут рассмотрены возможности и области применения различных типов деконволюции, решающие такие задачи, как подавление кратных волн, сжатие сейсмических импульсов, подавление случайных помех.

Процедура (f-x)деконволюции предназначена для подавления случайных помех, выделения сигнала на фоне помех с целью извлечения новой полезной информации. Для реализации процедуры необходимо волновое поле, состоящее из набора линейных синфазностей различных направлений, сейсмотрассы, описанные авторегрессией и рассчитанные параметры фильтра предсказания. Из результатов предсказания и ретроспекции получают, с помощью осреднения, оценку текущей трассы без случайного шума, так как случайная помеха не предсказуема. Основными параметрами процедуры (f-x)деконволюции являются размер окна, порядок модели авторегрессии, а также параметр регуляризации. Процедура может быть применена к сейсмотрассам, представленным в различных сортировках, но рекомендуется фильтрацию применять к суммарным разрезам[4].

Вибродеконволюция применяется для повышения разрешенности сейсмических записей. При обработке виброграмм с целью повышения разрешенности обратная фильтрация осуществляется в два этапа: сначала выполняется обратная фильтрация фильтром $z^{-1}(t)$, который рассчитывается непосредственно по свип-сигналу $z(t)$, а затем производится фильтрация классическим обратным фильтром $u^{-1}(t)$, рассчитанным по сейсмическому сигналу $u(t)$. Для вычисления импульсной характеристики обратного фильтра необходимо задавать параметр задержки. Процедура деконволюции виброграмм обратным фильтром, рассчитанным по реальному свип-сигналу, позволяет получить результаты в полосе частот свип-сигнала, совпадающие с теми, какие бы получались при импульсном возбуждении [10]. Вибродеконволюция данных ВСП, использующая свип-сигнал, полученный внутри среды, позволяет получать сейсмограммы с высокой разрешенностью по сравнению с коррелограммами, получаемые с помощью обработки виброграмм с опорным электрическим сигналом[1].

Для повышения точности измерения времен вступления сейсмических волн на виброграммах, которые характеризуются узким спектром частот, и вследствие чего получают растянутыми во времени и имеют низкую контрастность вступления сейсмических волн, используется метод обратной фильтрации. Деконволюция сжатия позволяет сжать сигнал во времени до единичного импульса и расширить спектр частот[2].

Аддитивная деконволюция отличается от классической, в которой сейсмотрасса сворачивается с коэффициентами отражения[3]. Данная деконволюция применяется для сжатия импульсов и ослабления кратных волн, основана на представлении сейсмотрассы в

виде суммы взвешенных сигналов известной формы, которые различаются по амплитуде, форме и шумовой составляющей. Процедура может применяться для выделения вступлений импульсов разной формы, если она заранее известна. В результате расчета весовых коэффициентов получается одиночный импульс, который близкий к нуль-фазовому по форме и достаточно хорошим отношением сигнал/помеха[7].

Для морских данных деконволюция применяется для подавления кратных волн, отраженным от морского дна. В этом случае деконволюция применяется после процедуры суммирования[5]. А так же деконволюция может быть реализована для повышения разрешенности отраженных волн и корреляции целевых отражающих горизонтов[6].

Деконволюция может занимать различное место в графе обработки, как в процессе редактирования волнового поля, так и в блоке предобработки.

Литература

1. Антипов Ю.Г., Якупов М.Т. Дискуссии о виброкорреляции и вибродеконволюции записей сейсмических колебаний/ Ю.Г.Антипов,М.Т.Якупов // Технологии сейсморазведки-2012. - №4. - С. 76-80
2. Воскобойникова Г.М. Повышение точности определения моментов вступления сейсмических волн с помощью метода обратной фильтрации метода динамического программирования / Г.М. Воскобойникова// ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ -2008. - №2. - С.286-292
3. Денисов М.С. Деконволюция: сигнатурная или аддитивная/ М.С.Денисов// Технологии сейсморазведки -2007. - №4. - С.26-29
4. Денисов М.С., Фиников Д.Б. Особенности алгоритма (F-X) деконволюции /М.С.Денисов, Д.Б.Фиников // Технологии сейсморазведки -2010. - №2. - С. 3-12
5. Мирзоян Ю.Д., Фукс И.Б. Комплексирование данных ГИС, ВСП и морской сейсморазведки для детального изучения нефтегазовых структур (на примере штокмановской площади)/ Ю.Д.Мирзоян, И.Б.Фукс// Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений-2000.- №5. - С.40-45
6. Мирзоян Ю.Д., Фукс И.Б. Об увязке волновых полей ВСП и МОВ ОГТ и стратиграфической привязке волн при наблюдениях на море/ Ю.Д.Мирзоян, И.Б.Фукс // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений-2000.- №10. -С.28-33
7. Редкоп В.А., Помазанов В.В., Риле Д.Г., Тихонов А.А. Аддитивная деконволюция / В.А.Редкоп, В.В.Помазанов, Д.Г.Риле, А.А.Тихонов //Технологии сейсморазведки-2007.-№2.- С.29-35
8. Табаков А.А., Баранов К.В., Рыковская Н.В., Копчиков А.В. Методика и некоторые результаты данных МОГ и 3D ВСП/ А.А. Табаков, К.В. Баранов, Н.В. Рыковская, А.В.Копчиков //Технологии сейсморазведки-2006.-№2.-с.8-15
9. Холмянская Н.Ю. Оптимизация методики обработки сейсморазведочных данных МОГТ с целью изучения верхнеюрских отложений/Н.Ю.Холмянская// Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений-2001.-№7.-С.43-46
10. Шехтман Г.А., Кузнецов В.М. Деконволюция виброграмм ВСП-альтернатива корреляционной обработке или ее подспорье/Г.А.Шехтман, В.М.Кузнецов//Технологии сейсморазведки-2005.-№2.-с.80-89

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА ПРИ КАРТИРОВАНИИ КАРСТОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. МОСКВЫ

Леденева В.С.

valeriya_ledeneva@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Аннотация: Рассматривается применение инженерной сейсморазведки при картировании карстовых отложений

Ключевые слова: инженерная сейсморазведка, карст

Abstract: The application of engineering seismic survey for mapping karst deposits is considered

Key words: engineering seismic, karst

Образование карста, т.е. системы полостей и провалов в растворимых карбонатных породах, приводит к резкому изменению поверхностных форм рельефа и, что самое главное, к нарушению внутреннего строения всего объема подвергшихся коррозии пород [2]. Массив закарстованных пород приобретает совершенно иные геотехнические и гидрогеологические свойства в сравнении с массивом тех же пород, не затронутым растворяющим воздействием движущихся подземных вод[1].

Верхняя часть геологического разреза исследуемой территории образована аллювиальными, гляциальными и флювиогляциальными грунтами четвертичного периода, юрскими глинами, которые подстилаются карбонатными породами [4].

Целью исследования являлось: выявление локальных неоднородностей строения массива грунтов, уточнение глубины залегания и рельефа кровли скальных и малосжимаемых грунтов, выявление зон повышенной трещиноватости и закарстованности в пределах исследуемого участка, идентификация сейсмических волн и детальное изучение скоростного разреза среды вблизи скважин, литологическое расчленение разреза и стратиграфическая привязка сейсмических границ, а также оценка физико-механических свойств грунтов.

Работы выполнялись с применением:

1. Наземного сейсмического профилирования методом МОВ ОГТ
2. Вертикального сейсмического профилирования (ВСП)
3. Акустического прозвучивания.

Для решения инженерно-геологических задач была использована специализированная цифровая инженерная 24-х канальная сейсмостанция (сейсморазведочная система) «ЭЛЛИСС-3», скважинный комплекс «ТЕЛСС-ВСП» и электроискровой излучатель «спаркер», помещенный в цилиндрический контейнер диаметром 40 мм, заполненный соленой водой. При проведении сейсмического просвечивания источник перемещался по стволу скважин с шагом 1 м. Геофизические работы по проведению вертикального сейсмического профилирования (ВСП) были выполнены скважинным цифровым комплексом, состоящим из скважинного зонда с прижимом, наземного блока управления, системы синхронизации, кабеля усиленного кевларом длиной 100 м. Зонд оборудован тремя приемниками, расположенными в трех взаимно перпендикулярных направлениях. В наземной сейсморазведке приём колебаний осуществлялся с помощью электродинамических сейсмоприемников GS-20DX-2B с горизонтальными (Y-компонента) осями максимальной чувствительности. Приемники соединялись с сейсмостанцией сейсмической косой с шагом между контактами для подключения сейсмоприемников 2 м. В качестве источника импульсных колебаний использовалась кувалда весом 8 кг.

Проводились разнонаправленные удары по сторонам специализированной металлической подставки для возбуждения поперечных волн в противоположной фазе, при этом для увеличения соотношения сигнал/помеха в каждом пункте возбуждения проводилось по 8 накоплений.

Обработка данных наземной сейсморазведки выполнялась по стандартному графу обработки МОВ-ОГТ, который включал такие процедуры как: амплитудная регулировка, частотная полосовая фильтрация, мьютинг, скоростной анализ, ввод кинематических поправок, суммирование, миграция и расчёт глубинного разреза [3]. При интерпретации глубинных разрезов были выделены места «хаотичного поведения» осей синфазности отражающих горизонтов, которые сопровождались падением амплитуды и частоты волн, и диагностированы, как наличие карстовых полостей и связанных с ними суффозионных воронок.

По данным проведенного акустического прозвучивания, была проведена итерационная томографическая обработка, в результате которой было получено распределение интегральных значений продольных волн в геомассиве между парами разведочных скважин. Определены времена распространения прямых продольных волн между источником (пунктом возбуждения упругих колебаний – ПВ) и расположенными в другой скважине сейсмоприёмниками. При известных расстояниях между пунктами возбуждения и приёма были определены скорости распространения продольных волн V_p в различных пластах (по горизонтальным лучам) и выполнено томографическое восстановление поля скоростей V_p в целике (в вертикальной плоскости). Применяемые компьютерные программы восстановления распределения поля скоростей упругих волн по измеренным временам пробега широко используются в геофизической практике.

Выполненные инженерно-геофизические изыскания методом ВСП позволили уточнить инженерно-геологические условия. По результатам вертикального сейсмического профилирования изучение физико-механических свойств пород проводилось по результатам измерения упругих характеристик (скоростей распространения продольных V_p и поперечных V_s волн). По величине отношения поперечных волн к продольным вычислялся динамический коэффициент Пуассона, динамические модули упругости и сдвига. Карстовая полость, вскрытая бурением разведочной скважины, характеризуется пониженными значениями продольных и поперечных волн, соответственно $V_p = 720$ м/с и $V_s = 220$ м/с.

Исследуемый массив имеет сложное «мозаичное» строение, обусловленное различной степенью развития карстовых процессов. Низкие значения скоростей и неоднородный скоростной разрез свидетельствуют о наличии древних карстовых форм: трещиноватость, «доломитовая мука», каверны.

Следует отметить, что пониженные значения скоростей, а, следовательно, и породы с пониженными прочностными и деформационными характеристиками встречены на всей территории изученного участка.

Литература

1. Гиодман А.Г., Гранит Б.А Инженерно-геофизические исследования карста на территории Москвы методом многоволновой сейсморазведки/ Ю.Г.Антипов, М.Т.Якупов // Вестник МГСУ-2010. - №4. - С. 121-127
2. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии/ Под ред. Н.Н. Горяинова. М.: Недра, 1992. 264 с.
3. Романов В.В. Инженерная сейсморазведка. – М.: ООО «ЕАГЕ Геомодель», 2015. – с.278
4. Романов В.В. Оценка карстово-суффозионной опасности г. Москвы при помощи инженерной сейсморазведки. // VII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. – М., 2015. – Том 1. – С. 502-503.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТОКОВ ЛИТОСФЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА ПОРОД

Медведев А.А., Посеренин А.И.

medvedev747@yandex.ru, poserenin83@gmail.com,

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Объектом исследования являются потоки естественных (литосферных) нейтронов, формирующиеся на границе земля-воздух

Восходящий поток нейтронов на границе земля-воздух несет информацию о свойствах горных пород (влажности, химическом составе) и формируется в результате взаимодействия различных излучений с горными породами.

Литосферные нейтроны формируются благодаря источникам, которые располагаются непосредственно в горных породах и объединяют нейтронные поля, которые формируются в результате ядерных взаимодействий других частиц космического излучения, естественной радиоактивности горных пород и спонтанного деления изотопов урана и тория.

Основными источниками нейтронов, связанными с радиоактивностью пород и руд, являются ядерные реакции типа (γ, n) , $(\gamma, 2n)$ и (α, n) , а также спонтанное и индуцированное деление ядер урана и тория.

Фотонейтронные реакции (γ, n) , $(\gamma, 2n)$ в естественных условиях имеют подчиненное значение, так как эти реакции являются пороговыми. Сечение реакций (γ, n) , до пороговой энергии равно нулю, выше пороговой возрастает, достигая максимума (область гигантского резонанса шириной около 8 МэВ), а затем снова падает практически до нуля. Выход нейтронов зависит от Z ядра, сечения реакций (γ, n) , $(\gamma, 2n)$, и интенсивности γ -излучения в области резонансных энергий.

Следующими процессами, происходящими в горных породах и приводящими к возникновению дополнительного восходящего потока нейтронов, являются спонтанное деление ядер урана и деление природного урана на быстрых, тепловых и надтепловых нейтронах и резонансное поглощение нейтронов.

При спонтанном делении урана основным механизмом образования нейтронов является испарение нейтронов из разлетающихся под действием кулоновского отталкивания возбужденных осколков деления.

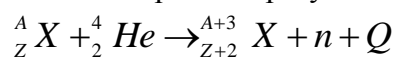
Полное число нейтронов, полученное как среднее из данных восьми независимых экспериментальных определений, составляет $16 \pm 1,1$ нейтрон/с·кг U^{238} .

Плотность потока нейтронного излучения горных пород с фоновым содержанием радиоактивных элементов по измерениям в глубоких подземных выработках меньше 5% плотности потока нейтронов космического излучения на уровне моря.

В целом с повышением гамма-активности пород и руд наблюдается закономерное увеличение выхода нейтронов. С повышением гамма-активности на 100 мкР/ч прирост потока нейтронов в среднем составляет примерно $0,5 \cdot 10^{-3}$ нейтрона/с·см².

Источниками тепловых и быстрых нейтронов в горных породах являются не только космические лучи, но и потоки α -частиц с энергиями от 5 до 9 МэВ. Ядерное взаимодействие α -частиц с ядрами химических элементов горных пород и геогаза приводит к образованию нейтронов.

Взаимодействие α -излучения природных радиоактивных источников с химическими элементами приводит к образованию нейтронов в результате реакций



где Z - порядковый номер элемента; A - массовое число; Q - энергия реакций.

Основными естественными α -излучателями являются 8 α -излучателей уранового ряда, 7 α -излучателей ториевого ряда и 6 α -излучателей актиноуранового ряда. Вклад других природных α -излучателей, например ^{147}Sm , ^{180}W , ^{209}Bi вследствие большого периода полураспада незначителен.

Целью настоящих исследований являлось изучение возможностей использования литосферных нейтронов для картирования оползневых тел.

Исследование возможностей использования потоков литосферных нейтронов для картирования предполагаемого оползневого тела массива пород проводилось вдоль профиля, проходящего с севера на юг вблизи южной околицы г. Сергиев Посад. В этом месте наблюдается резкий перепад рельефа местности относительной амплитуды 20-30 м, образованный безымянной речкой, запруда которой привела к образованию довольно обширного пруда.

На точках профиля синхронно проводились измерения объемной активности подпочвенного радона (C_{Rn}) в шпурах глубиной 0,6 м; удельных активностях (A) ^{226}Ra и ^{232}Th в шурфах глубиной 0,3 и 0,6 м, пробуренных в местах проходки шпуров, и плотности потока тепловых нейтронов ($Q_{\text{T.н}}$) на забое тех же шурфов на глубине 0,6 м (при этом устье шурфа закрывалось пластиной кадмия для исключения прямого попадания атмосферных нейтронов в детектор, размещенный на забое шурфа) и влажности горных пород (W).

Сравнительный анализ полученных данных показывает частичную корреляцию между плотностью потока тепловых нейтронов $Q_{\text{T.н}}$ и объемной активностью радона C_{Rn} . Так, аномалии радона на некоторых интервалах превышают 110 кБк/м^3 и пространственно связаны с аномалиями $Q_{\text{T.н}}$, которые достигают $380 \cdot 10^{-5} \text{ н/с}\cdot\text{см}^2$ при фоновых значениях около $250 \cdot 10^{-5} \text{ н/с}\cdot\text{см}^2$. И в других местах аномалии радона и нейтронов коррелируют друг с другом. Но нейтронные аномалии появляются на интервалах, где аномалии радона отсутствуют. Более того, на этих интервалах профиля не получены и высокие удельные активности ^{226}Ra и ^{232}Th . Объяснить подобное несоответствие радоновых и нейтронных аномалий можно, прежде всего тем, что по тальвегу долины речки проходит геодинамическая зона, которая является аномальным источником радона. Но этот аномальный радон находится не в газовой фазе подпочвенного воздуха, а растворен в воде, заполняющей поры покровных пород. По данным измерений влажность пород в этих местах достигает 80-90%, а уровень грунтовых вод находится на глубине 0,5-0,7 м, что в отдельных случаях не позволяло проводить отбор пробы подпочвенного воздуха для определения ОАР. Но растворенные в воде аномальные концентрации радона и торона являются аномальными источниками литосферных нейтронов.

Таким образом, поле литосферных нейтронов несет дополнительную информацию, по сравнению с радоновой съемкой, о структурных особенностях исследуемой площади. В данном конкретном случае радоновая съемка не картирует геодинамическую зону вдоль тальвега долины, установленную по геологическим данным. Более того, нейтронное поле, в отличие от радонового, не зависит от временных и пространственных вариаций температуры пород. В меньшей степени зависит от влажности пород, так как длина миграции нейтронов достигает асимптотических значений при $W \geq 30\%$ и составляет 10-15 см.

Литература

1. Горшков Г.В. и др. Естественный нейтронный фон атмосферы и земной коры. М., Атомиздат, 1966.
2. Бондаренко В.М., Викторов Г.Г., Демин Н.В. и др. Новые методы инженерной геофизики. М., Недра, 1983. - 223 с.
3. Беляева Е.А., Кужевский Б.М. и др. Источники нейтронов и природа временных вариаций потока нейтронов вблизи земной коры. Физ. экология. М., 1999, №4. - с.89-96.

О ПРИНЦИПАЛЬНЫХ НЕДОСТАТКАХ СЕЙСМОПРИЁМНИКОВ С ДВОЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ

Молдаков В.В., Романов В.В.

moldakov@geophysical.pro, ООО «ЛотосГео», Краснодар, Россия

В инженерной сейсморазведке при возбуждении и регистрации поперечных упругих волн с горизонтальной поляризацией (S_H) используется схема наблюдений $Y-Y$. Она основана на применении расстановок горизонтальных приёмников, ориентированных перпендикулярно профилю и также направленных ударов. Учитывая тот факт, что S_H волны линейно-поляризованы фаза их импульсов зависит от направления удара источника. Если изменить направление удара на 180° , то полярность импульсов поперечной волны сменится на противоположную, тогда как фазы продольных неполяризованных волн останутся прежними. Это обстоятельство используется для селекции волн выбранной поляризации. Вычитая друг из друга сейсмограммы, записанные при различно ориентированных ударах ($\pm 180^\circ$) можно выделить поляризованные волны и подавить все остальные. Это технология получила название « \pm ». Она достаточно давно применяется при работе с поперечными волнами и позволяет снизить относительный уровень продольных волн, микросейсм и аппаратурного шума. Однако использование технологии « \pm » имеет и свои недостатки. Главный из них — снижения темпа проведения полевых работ и усложнения предварительной обработки. Понятно, что получение двух серий накоплений вместо одной, как при работе с продольными волнами, требует в два раза больше рабочего времени. Кроме того предварительная обработка полевых данных также дополняется процедурой вычитания сейсмограмм с тщательным контролем фазовых сдвигов и амплитудной идентичности вычитаемых записей.

В публикации [Абрамкин и др., 2013] приводится пример создания групп из пары различно ориентированных приёмников, соединённых последовательно и противофазе. Утверждается, что такие группы позволяют повторить эффект от вычитания различно-ориентированных ударов, тогда как фактически удары будут выполняться только с одной стороны. Такая замена, будь она действительно равнозначной, позволила бы существенно повысить скорость выполнения полевых работ по технологии « \pm » и облегчила бы предварительную обработку. Однако, действительно ли поворот направления оси чувствительности приёмника равнозначен изменению направления удара?

Автором было создано пять сейсмических приёмников с двойной поляризацией на базе популярных датчиков GS20-DX-2B (Геоспейс, Уфа). При сравнении с данными, полученные по стандартной технологии разнонаправленных ударов, было установлена практическая идентичность формы сигнала на трассах сдвоенных и одиночных приёмников. То есть основной цели технологии — подавления колебаний продольных волн — при помощи сдвоенных приёмников добиться не удалось. Причина слабой эффективности сдвоенных датчиков оказалось в том, что при повороте датчика с «+» на «-» инвертировались фазы всех волн, в том числе и продольных, наблюдаемых в первых вступлениях. Фактически группа из двух датчиков работала как стандартная группа и вызывала лишь двукратное увеличение чувствительности приёма, что явно не соответствует всем задачам технологии « \pm ».

Литература

1. Абрамкин Е.А. Иськов С.В. Старикова Е.Г. Применение горизонтальных сейсмоприёмников с двойной поляризацией при сейсморазведке на поперечных волнах // Инженерная геофизика 2013 — Геленджик, Россия, 22-26 апреля 2013 г.
2. Грохольская С.А., Романов В.В. Инженерно-геофизические изыскания при картировании гидрогеологических условий имеретинской низменности // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 4. С. 84-88.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПОЛЯРИЗУЮЩЕГОСЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПЛАСТА ПРИ ЕГО ВОЗБУЖДЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ДИПОЛЕМ

Ним Ю.А.

gmpirmpi@mail.ru, СВФУ им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

С целью повышения эффективности импульсной электроразведки, особенно при наличии хорошо проводящих экранов в виде минерализованных вод, покровных отложений и т. п. объектов, наряду с технологией метода переходных процессов (МПП), применяется технология измерения магнитного потока, т.е. интегральной характеристики неустановившегося поля. Технологически интегральный метод переходных процессов (ИМПП) стал разрабатываться и применяться с конца 70-х годов при поисках рудных и нефтяных месторождений [1-4, 6]. В настоящее время, в связи с интенсивным изучением поляризующихся объектов методом переходных процессов, представляет интерес рассмотреть модель магнитного потока импульсного электромагнитного поля поляризующегося геологического пласта, в частности, при его возбуждении вертикальным магнитным диполем (классической технологией МПП). Поляризующийся электропроводный пласт аппроксимируем плоскостью S^η , в которой $S = \lim_{\gamma \rightarrow \infty, l \rightarrow 0} \gamma l$ – продольная проводимость пласта, η – знак, характеризующий поляризуемость объекта. По обе стороны плоскости S^η среда описывается уравнением Лапласа, решения которого представляются в виде:

$$1. A_{1z}(\omega) \overline{M} \int_0^\infty e^{\pm m|z|} C_0 e^{-mz} J_0(mr) dm, \quad (1)$$

$$2. A_{2z}(\omega) \overline{M} \int_0^\infty C_1 e^{mz} J_0(mr) dm$$

где $A_{(1,2)z}$ – вертикальная компонента с обеих сторон (1.2), границы S^η вектор потенциала, вводимого уравнением $E_\varphi = \text{rot} A_z$; E_φ – компонента напряженности электромагнитного поля, $\overline{M} = \frac{i\omega\mu M_z}{4\pi}$ – момент электромагнитного диполя, ω – круговая частота, i – мнимая единица, $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная проницаемость вакуума, m – переменная интегрирования (разделения), $J_0(mr)$ – функция Бесселя нулевого порядка аргумента (mr) , r, φ, z – цилиндрические координаты, C_0 и C_1 – коэффициенты, определяемые решением системы (I) при известных краевых и граничных условиях. К примеру, коэффициент в среде источника имеет вид

$$C_0 = -\frac{i\omega\mu S^\eta}{2m + i\omega\mu S^\eta} e^{-2mh}, \quad (2)$$

где h – расстояние от плоскости S^η до диполя ($z = -h$).

Для учета индукционно-вызванной поляризации (ВПИ), введем, к примеру в коэффициент C_0 модернизированную под плоскость “ S ” феноменологическую модель Коул-Коул с дебаевской релаксационной моделью, в которой диапазон распространения времен релаксации, особенно для мерзлых пород, близких к единице [2, 3, 5]

$$S^\eta = S_0 \frac{1 + (i\omega\tau)^k}{1 + (1 - \eta)(i\omega\tau)^k}, \quad (3)$$

где S_0 – проводная проводимость пласта независимая от частоты, τ – время релаксации, μ – поляризуемость горных пород ($0 \leq \eta \leq 1$); k – диапазон распределения времен релаксации.

Подставляя (3) в коэффициент C_0 , получим

$$C_0 = e^{-2mh} (-)i\omega\mu \left[S_0 \frac{1 + (i\omega\tau)^k}{1 + (1 - \eta)(i\omega\tau)^k} \right] / \left\{ 2m + i\omega\mu \left[S_0 \frac{1 + i\omega\tau}{1 + (1 - \eta)i\omega\tau} \right] \right\} =$$

$$= -e^{-2mh} \frac{p^2 + p \frac{1}{\tau}}{p^2 + p \frac{2m(1-\eta)\tau + \mu S_0}{\mu S_0 \tau} + \frac{2m}{\mu S_0 \tau}} = -e^{-2mh} \frac{p^2 + p \frac{1}{\tau}}{p^2 + pn + v},$$

где $p=i\omega$, $n = \frac{2m(1-\eta)\tau + \mu S_0}{\mu S_0 \tau}$, $v = \frac{2m}{\mu S_0 \tau}$.

Подставляя C_0 в выражение (1.1), после алгебраических преобразований и некоторых сокращений, получим:

$$A_{1z}(\omega) = -\overline{M} \int_0^{\infty} (e^{mz} + e^{-2mh} \frac{p^2 + p \frac{1}{\tau}}{(p+a)^2 - b^2}) J_0(mr) dm, \quad (4)$$

где $b \approx \frac{m(1-\eta)}{\mu S_0}$; $a = \frac{2m(1-\eta)\tau + \mu S_0}{2\mu S_0 \tau}$; $b^2 = a^2 + \frac{2m}{\mu S_0 \tau}$.

Применяя к (4) обратное интегральное преобразование Лапласа-Карлсона, получим:

$$A_{1z}(\omega) = -\frac{\mu M_z}{4\pi} \frac{\partial}{\partial t} \int_0^{\infty} e^{-am} e^{-at} \left[chbt + \frac{\beta-a}{b} shbt \right] J_0(mr) dm, \quad (5)$$

где $\beta = \frac{1}{\tau}$; $\alpha = 2h + z$.

К примеру, неустановившегося электромагнитного поля и поток магнитной индукции представляются в виде

$$E_{\phi}(t) = \frac{\mu M_z}{4\pi} \frac{\partial}{\partial t} \int_0^{\infty} -m e^{-am} e^{-at} \left[chbt + \frac{\beta-a}{b} shbt \right] J_1(mr) dm, \quad (6)$$

$$\Phi_{\phi}(t) = -\frac{\mu M_z}{4\pi} \int_0^{\infty} m e^{-am} e^{-at} a \left[chbt(1 + \beta - a) + \left(\frac{\beta-a}{b} + b \right) shbt \right] J_1(mr) dm,$$

где $E_{\phi}(t)$, $\Phi_{\phi}(t)$ – соответственно, азимутальная компонента электрического поля, поток магнитной индукции импульсного электромагнитного поля, J_1 – функция Бесселя первого порядка

Компоненты неустановившегося электромагнитного поля и импульсного потока магнитной индукции выражаются в элементарных функциях, при этом ВПИ и в том и в другом случае проявляется их переходом через ноль.

Литература

1. 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.
2. Kamenetsky F.M., Stettler E.H., Trigubovich G.M. Transient Geo-electromagnetics/ Munich, 2010. - 304p/
3. Кожевников Н.О. Быстропротекающая индукционно-вызванная поляризация в мерзлых породах. // Геология и геофизика, 2012. т.53 №4. - С. 527-540.
4. Ним Ю.А., Омеляненко А.В., Стогний В.В. Импульсная электроразведка криолитозоны. Новосибирск, СО РАН, 1954. -109 с.
5. 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, №2, 2013. – С. 39-41.
6. Тикшаев В.В., Сидоров В.А. Интегральный способ построения кривых становления поля // Прикладная геофизика, вып. 71. М.: Недра, 1973. – С. 122-128.

АППРОКСИМАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГЕОЭЛЕКТРИКИ ПОЛУЧАЕМОЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

²Оборнев И.Е., ¹Шимелевич М.И., ¹Оборнев Е.А., ¹Родионов Е.А., ³Фельдман И.С.

¹ - Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

² - Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ - ООО «ЕМГЕО», Москва, Россия

shimelevich-m@yandex.ru

Аннотация. Нейросетевой метод решения обратной задачи проверяется на многочисленных примерах двумерных модельных данных, а также на натуральных данных МТЗ. Приводится анализ полученных результатов и сопоставление с результатами других исследователей.

Ключевые слова: обратная задача, геоэлектрика, аппроксимационный нейросетевой метод, нейросетевая инверсия, нейросетевая палетка.

Многие практические обратные задачи геофизики могут быть сведены к численному решению нелинейного операторного уравнения вида:

$$A_N s = e, \quad s \in S_N \subset R^N, \quad e \in R^M \quad (1)$$
$$S_N : [s_{\min} \leq s^n \leq s_{\max}], \quad n = 1, \dots, N$$

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:

$$s_n = \sum_{l=1}^L v_{nl} g\left(\sum_{m=1}^M w_{lm} e_m\right), \quad n = 1, \dots, N, \quad (5)$$

где g - заданная монотонная функция, например, $g(x) = 1/(1 + e^{-x})$, $V = \{v_{nl}\}$, $W = \{w_{lm}\}$ - 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 $V = \{v_{nl}\}$, $W = \{w_{lm}\}$ 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.

В работе использовались ресурсы суперкомпьютерных кластеров МВС-100К МСЦ РАН, «Ломоносов» и «Чебышев» НИВЦ МГУ. Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ (проект №14-11-00579, И.Е. Оборнев, НИИЯФ МГУ).

Литература

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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПО 2 УЧАСТКАМ ГЕОТРАВЕРСА 2ДВ (ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ) НА ОСНОВЕ НС-ИНВЕРСИИ

²Оборнев И.Е., ¹Леушканова К.А., ¹Шимелевич М.И., ¹Оборнев Е.А., ³Фельдман И.С.

¹ - Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

² - Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ - ООО «ЕМГЕО», Москва, Россия

e-mail: shimelevich-m@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается нейросетевой метод решения обратной задачи натуральных данных МТЗ. Приводится анализ полученных результатов и сопоставление с результатами других исследователей. Делается попытка увязать результаты НС-инверсии и геологической изученности территории по предшествующим исследованиям.

Ключевые слова: геологическая интерпретация данных инверсии МТЗ, нейросетевое решение обратной задачи.

На профиле 2ДВ в течение 2001-2005 годов были выполнены электроразведочные работы МТЗ с шагом порядка 1 км. Работы выполнялись в основном с аппаратурой MTU компании Phoenix Geophysics. На первом интервале 0-500 км каждый десятый пункт обрабатывался с российской аппаратурой ЦЭС-М (ГМТЗ). Обработка материалов ЦЭС-М и MTU выполнялась ООО «Северо-Запад». Этап редактирования, амплитудно-фазовой коррекции и сплайнирования всех результатов обработки Z и Wz выполнялись ООО «Центр ЭМИ». Интерпретация всех результатов МТЗ также выполнялась ООО «Центр ЭМИ» [1].

В докладе представлены новые результаты переинтерпретации МТ данных по 2 участкам геотраверса 2ДВ, которые получены на основе нейросетевого решения обратной задачи [2, 3], которые сравниваются с предыдущей геофизической изученностью данной территории. Имеющаяся геолого-геофизическая информация [1] позволила провести относительную качественную интерпретацию результатов, выявить основные проблемы точности решения обратной задачи посредством разработанного алгоритма, установить дальнейшие цели работы.

В результате сравнения геоэлектрического разреза, полученного посредством нейросетевой инверсии, с другими данными геофизической и геологической интерпретации, можно говорить об основных результатах исследований [4, 5].

1. При сравнении разрезов, полученных при обработке одних и тех же данных (данные МТЗ), но с разными алгоритмами инверсии, прослеживается хорошее совпадение основных высокоомных и, наоборот, хорошо проводящих блоков. Присутствие незначительных локальных аномалий на разрезе, полученном по результатам НС-инверсии, вероятнее всего, не указывает на существование реального геологического объекта и связано с наличием вдоль профиля объектов, имеющих 3D-структуру и не учтенных в алгоритме инверсии.

2. Геоэлектрические слои, выделенные в результате НС-инверсии, достаточно хорошо сопоставимы с сейсмическими границами. Многие сейсмические границы по своей конфигурации если и не повторяют границ удельного электрического сопротивления, то в целом хорошо коррелируют с положением блоков и участков, резко различных по проводимости. Разломы, выделенные по данным КМПВ, согласуются с участками на геоэлектрическом разрезе, где наблюдается нарушение горизонтальной слоистости параметров сопротивления. Тем не менее, полной корреляции с данными КМПВ не наблюдается, что может быть связано с относительно слабым влиянием приразломных проводников на основную высокоомную толщу.

3. Данные геологии, представленные по 1-му участку профиля 2ДВ до глубины 2 км, доказывают, что нарушение горизонтальной слоистости наблюдается в зонах разломов и интрузий, которым сопутствуют рудные проявления (см. рисунок), однако определенной привязки к геологии по данным только геоэлектрической инверсии сделать невозможно.

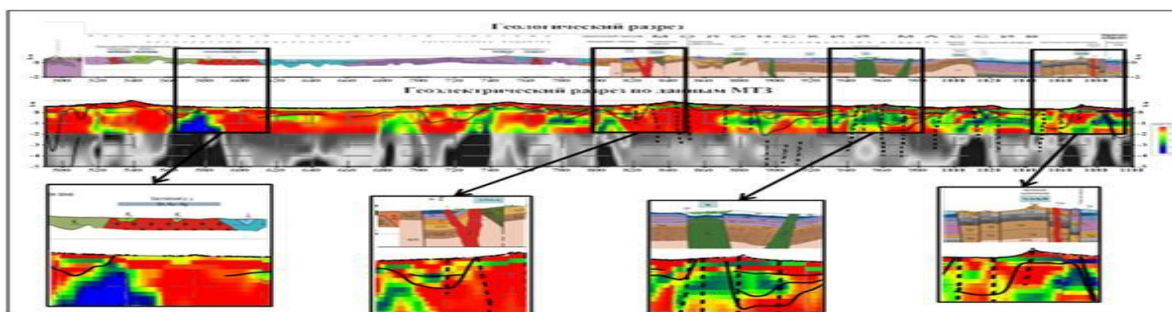


Рисунок. Сопоставление геоэлектрического разреза с геологическим разрезом.
Участок 1, профиль 2ДВ.

В работе использовались ресурсы суперкомпьютерных кластеров МВС-100К МСЦ РАН, «Ломоносов» и «Чебышев» НИВЦ МГУ. Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (проект №14-11-00579, И.Е. Оборнев, НИИЯФ МГУ).

Литература

1. Галуев В.И., Каплан С.А., Никитин А.А. Технология создания физико-геологических моделей земной коры по опорным профилям на базе геоинформационных систем. ГНЦ РФ ВНИИгеосистем, 2009, 228 с.
2. Шимелевич М.И. Методы повышения устойчивости инверсии данных геоэлектрики на основе нейросетевого моделирования // Геофизика. – 2013. – №4. – С. 49-55.
3. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А. Аппроксимационный метод решения обратной задачи МТЗ с использованием нейронных сетей // Физика Земли. – 2009. – № 12. – С. 22-38.
4. 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.
5. Нелинейная нейросетевая инверсия и оценка достоверности решений в многомерных обратных задачах геоэлектрики / М.И. Шимелевич, Е.А. Оборнев, И.Е. Оборнев, Е.А. Родионов, К.А. Леушканова // Материалы 44-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. – ИФЗ РАН Москва, 2017. – С. 369–371.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ МАТРИЦЫ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ДЛЯ БАССЕЙНОВОГО И ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

¹Попов Е.Ю., ¹Ромушкевич Р.А., ²Гурбатова И.П., ³Ноздрякова Е.А.

¹E.Popov@skoltech.ru, R.Romushkevich@skoltech.ru, Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

²Irina.Gurbatova@pnn.lukoil.com, Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермиНИПИнефть», Пермь, Россия

³Nozdryakova.Katya@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Тепловые свойства минеральной матрицы пород (теплопроводность, объемная теплоемкость) необходимы при таких важных работах при поиске и разработке месторождений углеводородов, как моделирование осадочных бассейнов и нефтегазоносных систем и термогидродинамическое моделирование резервуаров тяжелой нефти при ее добыче с тепловым воздействием на продуктивный пласт. Бассейновое моделирование широко применяется при поисках месторождений углеводородов, в то время как термогидродинамическое моделирование является основой разработки и оптимизации технологий добычи тяжелой нефти.

Практически все современные бассейновые и термогидродинамические симуляторы, широко применяемые в нефтегазовой науке и промышленности, предусматривают ввод исходных данных о тепловых свойствах пород пласта и вмещающих пород при помощи теоретических моделей, позволяющих определять эффективные тепловые свойства пород по информации о тепловых свойствах минеральной матрицы, пористости, составе порового флюида и тепловых свойствах отдельных компонент порового флюида (газ, нефть, вода). Вместе с тем известно, что даже незначительные неопределенности в определении эффективных тепловых свойств пород могут приводить к значительным ошибкам в результатах моделирования и снижению надежности получаемых выводов [1, 2].

В ряду различных параметров, необходимых для определения эффективных тепловых свойств пород при помощи теоретических моделей, до последнего времени наибольшая неопределенность существовала при задании тепловых свойств матрицы пород. Это связано с тем, что в практике петрофизических работ отсутствовали достаточно надежные экспериментальные методы измерений тепловых свойств матрицы, а теоретические оценки этих свойств сопряжены с высокой неопределенностью в получаемых результатах [3].

Нами разработаны подходы к определению теплопроводности и объемной теплоемкости минеральной матрицы пород, основанные на установлении корреляционных связей между тепловыми свойствами и пористостью для традиционных коллекторов и между тепловыми свойствами пород и общим содержанием органического вещества для коллекторов с нетрадиционными запасами углеводородов (например, породы баженовской, доманиковой и хадумской свит).

Один из разработанных подходов к определению тепловых свойств минеральной матрицы пород основан на измерениях тепловых свойств пород на представительных коллекциях стандартного керна (цилиндрические образцы пород диаметром и высотой 30 мм, выбуриваемые из полноразмерного керна), отобранного таким образом, чтобы изучаемые образцы стандартного керна охватывали возможно более широкий диапазон пористости, которая определяется на том же стандартном керне. Каждую коллекцию образцов стандартного керна подбирают литологически однородной, т.е. формируют ее так, чтобы она включала в себя образцы одного типа пород. Измерения комплекса тепловых свойств проводят при помощи приборов оптического сканирования [2] на нефтенасыщенных, экстрагированных сухих или водонасыщенных образцах стандартного керна. Данный метод измерений является единственным, который может в настоящее время обеспечить достаточно точные бесконтактные измерения одновременно теплопроводности и объемной теплоемко-

сти без механической обработки и разрушения стандартного керна с учетом анизотропии и неоднородности пород [4]. По результатам измерений проводят анализ корреляционной связи (1) между теплопроводностью и пористостью и (2) между объемной теплоемкостью и пористостью, и для обоих видов связи устанавливают соответствующие уравнения регрессии. Далее при помощи полученных уравнений регрессии определяют теплопроводность и объемную теплоемкость, полагая пористость равной нулю, что и соответствует тепловым свойствам матрицы пород. Для нетрадиционных коллекторов тепловые свойства матрицы определяют по уравнениям регрессии, характеризующим корреляционную связь тепловых свойств пород с общим содержанием органического вещества.

Другой разработанный подход к определению тепловых свойств минеральной матрицы пород основан на применении нового метода непрерывного неразрушающего бесконтактного теплофизического профилирования всего полноразмерного керна, поднятого при бурении скважины (другое название новой технологии - теплофизический каротаж на керне) [5]. В результате измерений получают непрерывные профили теплопроводности (с пространственным разрешением 1-2 мм) и объемной теплоемкости, а также средние для каждого образца керна значения коэффициента тепловой анизотропии и степени тепловой неоднородности образцов. В рамках комплексирования данных теплофизического каротажа на керне и стандартных видов каротажа в скважине используют данные о вариациях пористости пород вдоль скважины, полученные при каротаже в скважине. По данным о распределении тепловых свойств и пористости пород вдоль скважины проводят корреляционный анализ связи между (1) теплопроводностью и пористостью и (2) объемной теплоемкостью и пористостью для каждого интервала глубин одинаковой протяженности (5-10 м). По результатам корреляционного анализа выявляют интервалы глубин со значимой связью между каждым из тепловых свойств и пористостью. Для каждого из таких интервалов глубин определяют уравнения регрессии, при помощи которых, полагая пористость равной нулю, устанавливают теплопроводность и объемную теплоемкость минеральной матрицы для каждого интервала глубин. Подход позволяет учесть теплофизическую зональность разреза скважин и вариации тепловых свойств матрицы пород с глубиной.

Оба подхода применены при исследованиях месторождений углеводородов в РФ и за рубежом, показали свою эффективность и широко используются нами в настоящее время.

Литература

Popov Y., Parshin A., Ursegov S., Taraskin E., Chekhonin E., Andrianov N., Bayuk I., Pimenov V. 2012. Thermal Reservoir Simulation: Thermal property data uncertainties and their influence on simulation results. Proceedings, World Heavy Oil Congress, Aberdeen, UK, September 10-13, 2012. WHOС 12-291, 10 p.

Попов Ю.А., Чехонин Е.М., Паршин А.В., Попов Е.Ю., Миклашевский Д.Е. 2013. Новая аппаратно-методическая база тепловой петрофизики как средство повышения эффективности добычи тяжелых нефтей. Нефть. Газ. Новации. 4, 52-58.

Clouser C. 2006. Geothermal Energy. In: K. Heinloth (ed), Landolt-Börnstein, Group VIII: Advanced Materials and Technologies, Vol. 3: Energy Technologies, Subvol. C: Renewable Energies, Springer Verlag, Heidelberg-Berlin: 493-604.

Popov Yu., Beardsmore G., Clouser 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.

Попов Е.Ю., Чехонин Е.М., Попов Ю.А., Ромушкевич Р.А., Габова А.В., Жуков В.В. Новый подход к изучению баженовской свиты на основе теплофизического профилирования керна. 2016. Недропользование - XXI век. 6, 52-61.

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПОЛЗНЕВЫХ ТЕЛ

Посеренин А.И., Какунина А.О.

poserenin83@gmail.com kakunina_anna@inbox.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

При изучении оползня неизменно возникает необходимость выяснения деталей его строения, при этом особенно важное значение имеет выделение зоны скольжения. Нужно иметь в виду, что для оползневых массивов характерно самое разнообразное сочетание в той или иной мере контрастных разноориентированных границ раздела с постепенным градиентным изменением физических свойств. Не меньшее значение имеет исследование обводненности оползневого тела, определение водно-физических и физико-механических свойств слагающих его грунтов, их напряженного состояния, а также получение сведений о направлении и скорости их перемещения. Все эти особенности и определяют физико-геологическую модель (ФГМ) оползневого массива.

Важнейшей особенностью ФГМ оползневого массива является наличие поверхности (зоны) скольжения. Именно в этой зоне естественная структура породы претерпевает наибольшее изменение. Нарушаются присущие ей связи, изменяется ее минералогический состав, повышается количество и минерализация поровой влаги. Эти изменения находят отражение во всех петрофизических параметрах и, в частности, в понижении электрических сопротивлений, существенно возрастает электропроводность материала, слагающего зону скольжения, уменьшение скоростей продольных и поперечных волн и возрастание коэффициентов их поглощения.

Оползневое тело отличается анизотропией всех физических параметров. В основе этого явления лежит трещиноватость, которая служит одной из наиболее характерных особенностей оползневых массивов. Отчетливо проявляется анизотропия в молодых активных оползнях. Изучение этого – эффективный прием электрометрических и сейсмоакустических исследований.

Все оползни могут быть сведены, в основном, к пластическим и структурным. Для первых характерно смещение масс горных пород в более или менее однородном их массиве по поверхности скольжения, приближающейся по форме к круглоцилиндрической. Во втором – происходит сползание блоков пород по ослабленным контактам между наклонно залегающими геологическими телами.

Пластические оползни образуются в однородных породах, отличающихся обычно пониженными электрическими сопротивлениями и скоростями распространения упругих колебаний. Физические свойства самого оползня определяются степенью разрушенности слагающих его пород, наличием трещин и их заполнителем, напряженным состоянием пород, мощностью зоны аэрации, обводненностью отдельных частей оползня и рядом других факторов.

В зоне аэрации значения сопротивлений заметно превышают сопротивление тех же пород за пределами оползня и в редких случаях примерно равны им. Скорости сейсмических волн почти неизменно понижены и не превышают $\frac{1}{3}$ - $\frac{2}{3}$ от скоростей, характерных для тех же пород в коренном залегании. Граница между зоной аэрации и полного водонасыщения обычно носит размытый характер, причем особенности изменения параметров здесь зависят от степени развития капиллярной каймы.

В мощных толщах оползневых накоплений заметную роль играют эффекты нарастания с глубиной давления, приводящего к снижению пористости и трещиноватости и, следовательно, к повышению электрических сопротивлений и сейсмических скоростей. В мелких и средних по глубине оползнях это явление практически не наблюдается. В зоне скольжения отмечается существенное изменение всех основных петрофизических параметров, степень которого зависит от уровня переработки смещающихся пород. Результаты детального изучения ряда оползней показали, что непосредственно под зоной скольжения

находится своеобразная «резервная» зона, которая потенциально может быть вовлечена в последующие смещения. В ее пределах сопротивления и скорости имеют промежуточное значение, а ниже – постепенно приближаются к свойствам пород, не затронутых оползневыми процессами.

Структурные оползни отличаются особенностями поверхностей скольжения, которые приурочены к ослабленным зонам на границах между геологическими телами. Эти поверхности могут быть плоскими, наклонно-ступенчатыми и в отдельных случаях волнистыми.

Повсеместно распространены оползни, возникающие в результате смещения делювия по наклонно залегающим коренным породам. В большинстве случаев их можно успешно изучать геофизическими методами. В зоне аэрации в пределах толщи делювия поведение электрических и сейсмических параметров в целом аналогично оползневым накоплениям в пластичных породах. Те же закономерности прослеживаются и в более глубоких их горизонтах. Отчетливее проявляется понижение электрических сопротивлений и коэффициентов поглощения сейсмических волн по мере продвижения сверху вниз по оси оползня. Это является следствием перехода от более крупнообломочного материала к более глинистому, сопровождаемому увеличением влажности и давления. В том же направлении уменьшается и дисперсия всех физических свойств.

Особенность рассматриваемого вида оползней заключается в контрастном характере границы раздела между смещающимися породами и породами коренного ложа. При этом параметры v_p и v_s в коренных породах практически во всех случаях имеют большие значения. Электрическое сопротивление возрастает, когда ложе сложено скальными маловыветрелыми породами. В случае глинистых пород, оно при переходе к коренным породам уменьшается. Для полускальных коренных пород соотношение сопротивлений неопределенно и зависит от их состава, а также состава, состояния и степени обводненности оползневых толщ.

Другой тип ФГМ структурных оползней встречается в моноклинально падающих слоистых массивах коренных пород. Их сползание происходит в этом случае в виде блоков по прослойкам в слабых (чаще всего глинистых) породах, отличающихся низкими показателями скоростей и сопротивлений. Благодаря незначительной мощности подобные прослои лишь в редких случаях находят отражение в составляющих физических полях, замечаемых на поверхности склона. В то же время при наличии буровых скважин они отчетливо фиксируются практически всеми регистрируемыми параметрами на каротажных диаграммах.

Анализ ФГМ оползневых массивов говорит о том, что используя какой-нибудь один параметр, далеко не всегда удастся получить желаемую информацию. Поэтому при изучении оползней целесообразно вычислять комплексные показатели, расчет которых предусматривает перевод результатов всех частных методов в равнозначные безразмерные величины показателей контрастности. Таким путем, в частности, удастся выделять маломощные увлажненные зоны в нижних горизонтах лессовых пород, а также зоны с низкой степенью нарушенности. Использование функции комплексных параметров способствует успешному изучению полей влажности и деформации в оползневых массивах, повышает надежность и обоснованность их выделения.

Литература

1. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. - М.: Недра, 1990. – 501 с.
2. Методы геофизики в гидрогеологии и инженерной геологии. - М.: Недра, 1985. – 184с.
3. Изучение оползней геофизическими методами. - М.: Недра, 1987. 154 с.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОПОЛЗНЕВЫХ ТЕЛ

Медведев А.А., Романов В.В.

roman_off@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Из-за переувлажнения перегруженные блоки грунтов верхней части геологического разреза смещаются вниз по склону без отрыва от неподвижного основания, образуя оползни. Развитие оползней предопределяется геологическим строением древней Восточно-Европейской платформы. Долины рек располагаются в толще каменноугольных известняков, юрских глин и четвертичных отложений. В пластичных юрских глинах с наклонной кровлей по ослабленным зонам развиваются инсеквентные оползни скольжения.

Четвертичные отложения хорошо пропускают атмосферные осадки, которые достигают глинистых толщ, что вызывает избыточное увлажнение последних. Блоки четвертичных грунтов отрываются соскальзывают по ослабленным поверхностям (зеркалам) вниз по склону, а поверхности формируются широкообразные стенки отрыва с практически вертикальным профилем. Мониторинг и прогнозирование оползневых процессов базируются на всестороннем анализе геологического строения и свойств склонов, в чём немалую роль играют геофизические методы. Инсеквентные оползни наиболее сложны для геофизического изучения, так как дифференциация глинистых пород по физическим свойствам в пределах оползня и в ненарушенном массиве выражена недостаточно чётко.

При исследовании оползней надо отчетливо представлять положение поверхности скольжения, базис оползания, глубину захвата оползнем склона, очертание тела оползня, оползневые цирки. Надежное определение действительного положения поверхности скольжения имеет большое практическое значение, так как позволяет определить объем и форму оползневого тела и правильно наметить мероприятия, обеспечивающие его устойчивость.

Из-за слабого влияния водонасыщенности на скорость поперечных волн, по ней точнее и достовернее выделяются границы слоёв с различным литологическим составом, возрастом и состоянием. Отложения четвертичного возраста, независимо от насыщенности водой, характеризуется скоростью поперечных волн V_S в относительно узком интервале 150–250 м/с.

В более древних отложениях глинистого состава V_S поднимается для 300–500 м/с. В элювии карбонатных пород V_S увеличивается до 500–800 м/с, в плотных известняках и доломитах V_S превышает 1000 м/с. Свободная поверхность грунтовых вод, экранирующая продольные волны, для поперечных волн акустически прозрачна, поэтому нижележащие геолого-геофизические границы выделяются значительно чётче (таблица 1). Скорость поперечных волн различается также в относительно плотных горных породах и в отложениях коры выветривания.

В настоящий момент установлено, что поверхности скольжения оползней выделяются по характерным изменениям сейсмических параметров горных пород. Деформация тела оползня при смещениях значительно изменяет его физические свойства по сравнению с ненарушенным массивом. Оползневое тело отличается анизотропией упругих параметров, что связано с трещиноватостью и является характерной особенностью оползневых массивов.

При пересечении ослабленной зоны амплитуда волны уменьшается из-за неупругого поглощения. Изучение поля распределения добротности Q_P (величины, обратной декременту поглощения) продольных волн в разрезе позволяет выделять даже слаборазличимые по скоростным признакам ослабленные зоны, которые впоследствии могут стать зеркалами скольжения оползней.

В последнее время в сейсморазведке большое внимание уделяется анизотропии упругих свойств. Анизотропия скорости присуща всем осадочным горным породами, особенно глинам и аржиллитам. Блоки горных пород, в стадии предшествующей оползанию,

находятся в напряжённом состоянии. В направлении вектора напряжённости скорость поперечных волн имеет аномально высокое значение, что приводит к увеличению коэффициента анизотропии даже изначально изотропных пород на 10–20%. После смещения тело оползня вращается, деформируется и сминается, в результате чего слоистость грунтов нарушается и коэффициент анизотропии снижается до уровня 0,8–0,9.

На изображениях распределения скорости поперечных волн выделяются важнейшие геолого-геофизические границы и находятся физико-механические свойства пород. Для изучения оползней особый интерес вызывает картирование глинистых толщ и элювиальных отложений, в которых возможно образование поверхностей скольжения. Несмотря на то, что в ослабленных зонах значение скорости упругих волн обычно уменьшается, определить контур ослабленных зон на скоростных томографических разрезах обычно не удаётся.

Зеркала скольжения надёжно диагностируются на томографических разрезах добротности по контуру зоны пониженных значений, где локально возрастает декремент поглощения. На разрезах коэффициента анизотропии отмечаются отдельные зоны растяжения, в которых грунты стремятся сместиться вдоль поверхности скольжения и зоны сжатия, деформированные смещенными оползневыми массами. Зоны обоих типов приурочены к зеркалам скольжения, что увеличивает надёжность их выделения.

Проведение сейсморазведки по относительно регулярной сети профилей и её томографическая обработка применяются для построения структурных карт и объёмных моделей геологических границ оползневых склонов с нанесёнными на них значениями упругих параметров. Распределение упругих свойств грунтов в пространстве даёт намного более полную информацию о структуре оползневых тел и возможных направлениях оползневых процессов.

Такие объекты, как оползневые склоны, отличаются сложностью геологического строения и слабой дифференциацией физико-механических свойств. Разведочное бурение и лабораторные исследования не всегда способны дать полную картину актуального состояния оползневого склона. По разрезам сейсмической томографии при помощи рассмотренных в статье признаков достаточно надёжно выделяются контуры поверхностей скольжения, блоков грунтов в напряжённом или деформированном состоянии и многие другие элементы оползней. Использование в интерпретации данных о поглощении и анизотропии значительно расширяет возможности сейсмотомографического метода исследования.

Литература

1. Глазунов В. В., Ефимова Н. Н., Куликов А.И. Проблематика применения томографических технологий инженерной геофизики для изучения оползнеопасных склонов // *Engineering Geophysics 2013-Conference and Exhibition*. – 2013.
2. Горяинов Н.Н. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра, 1992, 260 с.
3. Зубенко М.Я., Саломатин В.Н. Исследование оползнеопасного участка методом ЕИЭМПЗ с использованием ГИС технологий // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. —2014. —Т. 10. —№ 1. —С. 553–558.
4. Молдаков В. В., Коновалова Е. Ю. Опыт применения комплекса геофизических методов на оползневых склонах города Сочи // *Engineering Geophysics 2012*. – 2012
5. Романов В.В. Изучение толщи четвертичных отложений Подмосковья инженерной сейсморазведкой // *Геофизика*. 2014. № 3. С. 41-48.
6. Романов В.В. Интерпретация сейсмической томографии на примере изучения геологического строения оползневого склона // *Разведка и охрана недр*. —2015. —№ 3. —С. 34–37.
7. Романов В.В., Рахматуллин И.И. Инженерная геофизика при изучении гляциальных отложений Дмитровского района Подмосковья // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2014. № 3. С. 86-88.

ОЦЕНКА ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ В СЛУЧАЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ, ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Гула А.К.

gula.a@gubkin.ru, Российский Государственный Университет Нефти и Газа
имени И.М. Губкина, Москва, Россия

Под нетрадиционными источниками углеводородов подразумеваются запасы нефти и газа, которые невозможно извлечь традиционными методами. При нынешних темпах технологического прогресса рентабельность добычи трудно-извлекаемых запасов начинает приближаться к традиционным источникам нефти и газа. В то же время появляются множество новых проблем, с которыми приходится сталкиваться в ходе разработки нетрадиционных месторождений: это и низкая проницаемость коллекторов, и аномально-высокое пластовое давление (АВПД). Для того, чтобы лучше разбираться в причинах проблем, возникающих в ходе разработки, необходимо понять каким образом формируются нетрадиционные залежи углеводородов.

Наибольших объём органических веществ содержится в глинистых породах – сланцах, которые отлагались в условиях глубокого моря, где из-за низкого содержания кислорода обеспечивается сохранность органики. Такие породы называют нефтематеринскими, так как при достижении определённых P-T условий органическое вещество начинает преобразовываться в углеводороды. При этом образовавшиеся углеводороды имеют больший объём, чем исходное органическое вещество. Это приводит к избыточному давлению, за счёт которого углеводороды создают в сланцах микротрещины и мигрируют дальше за пределы нефтематеринской породы. В случае, если нефтематеринская порода не контактирует с коллекторами и ограничена непроницаемыми породами, сгенерированные углеводороды формируют зоны аномально высокого пластового давления. Такие скопления углеводородов называют сланцевой нефтью или сланцевым газом. [1]

Аномально-высокое пластовое давление не только является механизмом перемещения углеводородов в направлении земной поверхности, и способствуют их добычи, но также может привести к тяжелым катастрофическим последствиям в ходе бурения при некорректном подборе плотности бурового раствора или при неправильном выборе траектории скважины. Для того, чтобы избежать проблем, связанных с зонами АВПД, а также оптимизировать программу бурения используется геомеханическое моделирование.

Геомеханическое моделирование позволяет оценить пластовое давления по скважинным и сейсмическим данным [7]. По скважинным данным оценку зоны АВПД можно выделить с высокой точностью вплоть до пласта, но если скважинные данные отсутствуют, то для первичной оценки пластового давления используются интервальные сейсмические скорости. Таким образом уже на этапе подготовке месторождения к разведочному бурению существуют возможность оптимизировать программу бурения и траекторию скважины, для того чтобы не попасть в зону АВПД.

В данной работе оценка градиента пластового давления производилась с помощью уравнения Итона [2] с учётом данных акустического каротажа и куба интервальных скоростей в качестве показателей пористости. В целом подход основан на условии механического уплотнения глинистых интервалов с глубиной [3]. Такое увеличение плотности и уменьшение коэффициента пористости называется трендом нормального уплотнения. В случае если глинистые интервалы отличаются от тренда нормального уплотнения, то отличается и плотность пород, а как следствие и пластовое давление. Зоны аномальных давлений отбиваются по положительным отклонениям интервального времени пробега и по отрицательным отклонениям объёмной плотности [4]. Это отклонение объясняется существенным возрастанием пористости в глинах с аномально высоким давлением [4].

В результате геомеханического моделирования, одного из месторождений Северного Кавказа, по сейсмическим и скважинным данным были выделены интервалы аномально-

высокого пластового давления, связанные с нетрадиционными залежами углеводородов, а также оценены магнитуды и направления главных напряжений. Данные параметры возможно использовать для оптимизации программы бурения и дальнейшей разработки месторождения.

Литература

1. Асаулов С. Нетрадиционные источники углеводородов: сланцевый пузырь или сланцевая революция? // Rogtec. С. 53-61.
2. Итон Б.А. Технологии расчета давления гидроразрыва и их применение в бурении, стимуляция и вторичные восстановительные операции, Общество инженеров-нефтяников, ежегодная осенняя конференция Общества инженеров-нефтяников Американского института инженеров горной, металлургической и нефтяной промышленности, Хьюстон, Техас, 29 сентября – 2 октября, 1968.
3. Маркин М. А., Гула А. К., Юсупов Я. И. Комплексный геомеханический подход для выбора интервалов проведения ГРП на примере баженовской свиты в пределах Краснотеннинского свода // Бурение и Нефть. 2016. № 09. С. 50-54.
4. Радковец И.Ф. Об эффективном напряжении и опытах Терцаги// Геология нефти и газа. 1997.
5. Тиаб Д., Дональдсон Э. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов. Москва. ООО «Премиум инжиниринг». 2009.
6. Фертль У.Х. Аномальные пластовые давления. М.: Недра, 1980. –397 с.
7. Zoback M. Reservoir Geomechanics. 2010. 505 p.
8. Fjar E., Holt R.M., Raaen A.M., Risnes R., Horsrud P. Petroleum Related Rock Mechanics, Volume 53 2nd Edition.

ПРИРОДА АНОМАЛИЙ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ КАК ИНДИКАТОРА АЛМАЗОНОСНОСТИ КИМБЕРЛИТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АНГОЛЫ)

¹Смирнова О.В., ²Кузовенков А.Д.

¹ SmGeophysic@yandex.ru, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; ²СЗГГК Геокомплекс, г. Санкт-Петербург, Россия

Кимберлит – порода ультраосновного со щелочным уклоном состава сложенная глубинным (мантийным) и коровым материалом.

Практическое значение кимберлитов определяется тем, что с этими породами связаны первичные (коренные) месторождения алмаза - алмазоносные кимберлитовые трубки.

Методика поисков кимберлитов состоит из нескольких стадий, включающих геологические, геохимические и геофизические методы.

Использование методов геофизики для поисков кимберлитов на основе их петрофизических параметров сводится к выделению среди геофизических аномалий кимберлитовых трубок.

В благоприятных ландшафтно-геологических обстановках, те или иные аномальные эффекты в зоне кимберлитовых трубок могут быть намечены по большинству геофизических методов.

Однако ни один из этих методов не гарантирует с необходимой вероятностью (надежностью) не пропуск всех кимберлитовых тел, тем более тел с высоким коммерческим уровнем алмазоносности.

Также существует актуальная проблема разделения кимберлитов на алмазоносные и «пустые».

По результатам многолетних исследований выделяют петрофизические свойства промышленно-алмазоносных трубок [2], среди которых важным параметром является поляризуемость.

Высокие значения поляризуемости характеризуют присутствие электропроводящих минералов в породе. Сульфиды железа (пирит и пирротин) являются источниками аномалий вызванной поляризации (ВП), так как обладают хорошей электронной проводимостью.

Алмазоносные кимберлиты обладают устойчивым повышенным параметром ВП по сравнению с вмещающими породами и «пустыми» кимберлитами [3].

В результате экспериментальных исследований было установлено, что при наличии в породе всего 1% минералов с электронной проводимостью её поляризуемость возрастает до 3-5%, т.е. примерно в 2 раза, а если эти минералы образуют плёнки или прожилки, то эффект ВП возрастает [1].

В данной работе была исследована юго-западная часть Анголы, для которой характерна связь продуктивных кимберлитовых трубок с сульфидизацией, благодаря чему появилась возможность дифференцировать трубки на алмазоносные и «пустые» методом вызванной поляризации [4].

Рассмотрены результаты электроразведочных работ методом ВП над кимберлитовыми трубками Чихолонго, Шикватите, Очинжау (в Анголе) сотрудниками компании ЗАО "Теллур СПб".

В этом районе были проведены площадные работы установками срединного градиента (трубка Чихолонго) и симметричного электропрофилеирования (трубки Шикватите, Очинжау).

Параметры установки срединного градиента АВ=1500 м, MN=20 м, шаг по профилю 10 м, для симметричной установки АВ=120 м, MN=40 м, шаг по профилю 10 м. Время зарядки составляло 0,82 и 1,64 секунды.

Все трубки в электрических полях выделяются пониженными значениями сопротивлений, составляющих сотни, а иногда и десятки Ом*м относительно вмещающих пород.

Интерпретация проводилась в два этапа.

Качественная интерпретация была выполнена с целью выявления основных закономерностей поведения геофизических параметров в пределах исследуемой территории.

На этом этапе были построены графики и планы изолиний геофизических параметров, по которым определялись границы пород, положение зон тектонических нарушений, областей аномальных значений геофизических полей и т.д.

Количественная интерпретация данных электроразведки была проведена с целью выделения отдельных поляризующихся тел в пределах аномальных областей. При этом был использован пакет программ «3D-электро». Результаты интерпретации помогли определить основные геометрические и геоэлектрические параметры объектов, включая определение объемного содержания сульфидов.

По данным метода ВП трубка Чихолонго выделяется резким понижением значений кажущего сопротивления 100-300 Ом*м при фоновых показаниях вмещающих пород 900-1000 Ом*м, а поляризуемость пород от 0,5% до 2,5% говорит о неоднородности строения. Рудные минералы присутствуют в трубке в количестве 1-2% от общей массы.

В трубке Шикватите основной сульфидный минерал пирит, единичные обломки содержат включения сфалерита и халькопирита. С высоким содержанием присутствуют минералы-спутники с преобладанием пикроильменита. Значения кажущего сопротивления 50-300 Ом*м при фоновых показаниях вмещающих пород 1200-1400 Ом*м, а поляризуемость пород составляет 2,3-2,5%.

Не алмазоносная трубка Очинжау содержит минералы-спутники алмазов: пиропы, хромшпинелиды, пикроильмениты, хромдиопсиды. Существенно преобладает пикроильменит. Значения кажущего сопротивления 50-200 Ом*м при фоновых значениях 1000-1300 Ом*м. Поляризуемость пород при этом около 1%, что не позволяет выделить трубку среди вмещающих пород и говорит о не алмазоносности кимберлита.

Кимберлитовые породы всех изученных трубок этого района содержат классический набор минералов-спутников алмаза – пироп, хромшпинелид, пикроильменит, хромдиопсид, однако в алмазоносных трубках были обнаружены также пирит и пирротин.

Таким образом, можно сделать вывод, что на исследуемой территории хорошо работает метод ВП, который помогает дифференцировать кимберлитовые тела.

Над алмазоносными трубками аномальный эффект ВП достигает 2-3% за счет присутствия сульфидов, а над не алмазоносными – 0,2-0,5%, за счёт пикроильменита и магнетита.

Аномалии ВП над алмазоносными трубками связаны с повышенным содержанием электропроводящих минералов, в том числе и сульфидов, что может быть использовано в качестве поискового признака алмазоносных трубок.

Литература

1. Комаров В.А. «Электроразведка методом вызванной поляризации». Ленинград, Недра, 1980.
2. Контарович Р. С., Цыганов В.А. «Проблемы и перспективы развития геофизических технологий при поисках коренных месторождений алмазов». «Геофизика» 2001.
3. Контарович Р.С., Цыганов В.А. «Успехи и отказы геофизических технологий при поисках месторождений алмазов». ГНПП «Аэрогеофизика». М. 2002г.
4. Романько Е.Ф., Подвысоцкий В.Т. и др. «Кимберлиты Юго-Западной Анголы». Москва, ООО «Геоинформмарк», 2005.

ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ

Пак Д.Ю., Каскатаева К.Б.

Pak_kargtu@mail.ru, КарГТУ, Караганда, Казахстан

Несовершенство стандартного термовесового способа определения зольности угля, обусловленное его низкой экспрессностью и малой представительностью, а также возрастающая потребность в получении оперативной информации о качестве углей в процессе их добычи и переработки, послужили причиной для разработки более совершенных ядерно-физических методов. Среди них особое место занимают способы, основанные на рассеянии низкоэнергетического гамма-излучения в силу их достаточной чувствительности к зольности и простотой аппаратурной реализации. Однако широкое практическое применение указанных методов сдерживается низкой точностью контроля зольности в условиях значительных колебаний элементного состава минеральной части углей.

Уголь как объект ядерно-физического контроля представляет собой сложное соединение, включающее органическую массу и многокомпонентную смесь минеральных примесей. Причем, более 95% всей минеральной массы угля приходится на соединения алюминия, кремния, кальция и железа. Алумосиликаты составляют значительную часть минеральной массы угольных месторождений. Непостоянство содержания отдельных элементов делают минеральную массу углей неоднозначной с точки зрения гамма-ослабляющих свойств. Наиболее интегральной характеристикой углей, связанной с элементным составом, является их эффективный атомный номер, взаимосвязь которого с зольностью определяет методические возможности способа по рассеянию низкоэнергетического гамма-излучения

Интенсивность рассеянного углем низкоэнергетического гамма-излучения находится в тесной зависимости от эффективного атомного номера угля, который в свою очередь зависит не только от зольности угля, но и элементного состава и в частности содержания кальция, который является наиболее тяжелым золообразующим элементом при энергии первичного гамма-излучения менее энергии E_K железа. Поэтому вариации содержания кальция в золе являются основным дестабилизирующим фактором при определении зольности угля по интенсивности вторичного излучения. Экспериментальным путем на углях различной зольности и различного содержания кальция в золе установлены качественно обратные закономерности изменения интенсивности рассеянного (N_S) и флуоресцентного излучения кальция (N_i). Это позволяет добиться определенной независимости результатов при колебании содержания кальция в золе при измерении интегральной (суммарной) интенсивности вторичного излучения, включающего рассеянное углем гамма-излучение и флуоресцентное излучение кальция.

Искусственное ослабление вторичного излучения фильтром из легкого материала, например полиэтилена, расширяет методические возможности способа, что вызвано резко разными гамма-ослабляющими свойствами фильтра по отношению к рассеянному излучению (5.9 кэВ) и рентгеновской флуоресценции кальция (~3,7 кэВ) и тем, что при изменении концентрации кальция в золе приращения N_i выше приращений N_S .

Установлены сложные закономерности интенсивности вторичного излучения от зольности угля, содержания кальция и толщины ослабляющего фильтра. Наблюдаемые при определенной толщине фильтра область инверсии свидетельствуют о независимости интенсивности вторичного излучения от содержания кальция в золе. Например при фильтре толщиной 35 мг/см² интегральная интенсивность вторичного излучения (N_i+N_S) не зависит от колебаний содержания кальция в узком диапазоне изменения зольности 13-17%, а для высокозольных углей (36-40%) – оптимальная толщина составляет 63 мг/см². Наблюдается четкая связь между оптимальной толщиной ослабляющего фильтра и зольностью угля.

Инверсионный характер интенсивности вторичного излучения от содержания кальция и закономерное изменение инверсионной толщины фильтра в зависимости от зольности позволяют учесть возмущающее влияние непостоянства содержания кальция. В каче-

стве корректирующих параметров выбраны интенсивность вторичного излучения, ослабленного фильтром с толщиной d_{\min} , найденной из условия, чтобы при минимально возможной зольности угля интенсивность вторичного излучения не зависела от содержания кальция в золе, и интенсивность вторичного излучения, ослабленного фильтром с толщиной d_{\max} , найденной из условия, чтобы при максимально возможной зольности угля интенсивность вторичного излучения не зависела от содержания кальция в золе. Величина отношения измеренных интенсивностей вторичного излучения при найденных инверсионных толщинах фильтра d_{\min} и d_{\max} служит однозначным показателем концентрации кальция в угле и не зависит от колебаний зольности в выбранном интервале от минимальной до максимально возможной. Поэтому по величине отношения измеренных интенсивностей вторичного излучения выбирают оптимальную толщину ослабляющего фильтра $d_{\text{опт}}$. Принципиальной особенностью является то, что дополнительно на стандартных образцах углей с минимально и максимально возможной зольностью находят толщину ослабляющего фильтра, соответственно d_{\min} и d_{\max} , при которых интенсивность вторичного излучения не зависит от содержания кальция в золе, а на углях неизвестного состава последовательно при d_{\min} и d_{\max} измеряют интенсивности вторичного излучения, соответственно, N_{\min} и N_{\max} , по величине отношения измеренных интенсивностей N_{\min} / N_{\max} находят оптимальную толщину ослабляющего фильтра $d_{\text{опт}}$, а зольность угля определяют по интенсивности вторичного излучения, ослабленного найденным фильтром оптимальной толщины $d_{\text{опт}}$.

Анализируемая проба угля облучается гамма-излучением с энергией ниже энергии К-края поглощения железа, например от радионуклидного источника Fe-55 (5,9 кэВ) и регистрируется вторичное излучение, включающее рассеянное углем гамма-излучение и флуоресцентное излучение кальция (~3,7 кэВ). При этом дополнительно измеряют интенсивности вторичного излучения, ослабленного фильтром d_{\min} и d_{\max} , найденных из условия, чтобы при минимально возможной зольности угля, например 9% измеренная интенсивность вторичного излучения не зависела от изменения содержания кальция в золе (в данном случае d_{\min} составила 27 мг/см²), а при максимально возможной зольности, например 38% измеренная интенсивность не зависела от изменения содержания кальция в золе (в данном случае d_{\max} составила 58 мг/см²), по величине отношения измеренных при d_{\min} и d_{\max} интенсивностей вторичного излучения находят оптимальную толщину $d_{\text{опт}}$ ослабляющего фильтра, а зольность угля определяют по интенсивности вторичного излучения, ослабленного фильтром найденным фильтром оптимальной толщины $d_{\text{опт}}$.

Представленный ядерно-физический способ отличается повышенной точностью в условиях значительной изменчивости зольности, что существенно расширяет сферу его применения.

Литература

1. Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. – М.: Недра, 1985. С. 224.
2. Клемпнер К.С., Васильев А.Г. Физические методы контроля зольности угля. – М.: Недра, 1978. С. 174.
3. Онищенко А.М., Грабов Л.И. Радиоизотопные методы и приборы контроля зольности угля. – Кокс и химия, 1979. №10. С. 7-15.
4. Пак Ю.Н. К методике повышения точности радиоизотопного анализа зольности угля. – Заводская лаборатория. – 1980. №8. С. 74-76.
5. Сторм Э., Израэль Х. Сечения взаимодействия гамма-излучения. – М.: Атомиздат, 1973. С. 254.
6. Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. Радиоизотопный экспресс-контроль качества углей переменного состава. Журнал «Кокс и химия», Москва, №4, 2011, С. 14-20.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ПО АННИГИЛЯЦИОННОМУ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЮ

Пак Д.Ю., Пак Ю.Н.

Pak_kargtu@mail.ru, КапГТУ, Караганда, Казахстан

В практике инструментального анализа твердого топлива находят применение различные ядерно-физические методы. Среди них наибольшую популярность получили методы с применением гамма-излучения. В зависимости от энергии первичного и вторичного излучений, геометрии измерения (расположения источника и детектора относительно объекта контроля) и непосредственно вида объекта контроля (пробы угля, вагон, транспортный поток, условия естественного залегания и др.) применяются различные модификации гамма-методов. Отличительными особенностями гамма-методов являются сравнительная простота аппаратной реализации метода, высокая производительность и неdestructивность анализа, а также достаточная глубинность исследований. Глубинность инструментальных ядерно-физических методов прежде всего зависит от энергии применяемого гамма-излучения. В низкоэнергетической области (менее ~ 100 кэВ) преобладающими процессами взаимодействия для большинства порообразующих элементов являются фотоэлектрическое поглощение и комптоновское рассеяние. В среднеэнергетической области (выше ~ 200 кэВ) преобладает комптоновское рассеяние, а роль фотоэффекта заметно снижается. В высокоэнергетической области (\sim выше $1,5$ МэВ) наряду с комптоновским рассеянием происходит поглощение гамма-излучения с образованием электронно-позитронной пары с последующим испусканием аннигиляционного излучения с энергией $0,511$ МэВ. Сечение образования пар в общем случае является сложной функцией, зависящей от энергии гамма-излучения и эффективного атомного номера среды.

Гамма-аннигиляционный способ заключается в облучении вещества высокоэнергетическим гамма-излучением с энергией выше $1,022$ МэВ и регистрации аннигиляционного гамма-излучения. В процессе облучения гамма-излучением с энергией выше $1,022$ МэВ наряду с аннигиляционным гамма-излучением с энергией $0,51$ МэВ, возникающим при образовании электронно-позитронных пар, измеряют интенсивность рассеянного веществом гамма-излучения. Причем энергию рассеянного гамма-излучения выбирают выше такой, при которой для вещества с максимально возможным эффективным атомным номером вероятность фотоэлектрического поглощения (макроскопическое сечение фотоэффекта) была значительно ниже вероятности комптоновского рассеяния (макроскопическое сечение комптон-эффекта).

Макроскопическое сечение образования электронно-позитронных пар является сложной функцией энергии первичного гамма-излучения и атомного номера поглотителя. Интенсивность возникающего при образовании пар аннигиляционного гамма-излучения с энергией $0,511$ МэВ зависит от эффективного атомного номера \bar{Z} вещества и его плотности. При контроле состава сложных веществ, в особенности в сыпучем состоянии, интенсивность аннигиляционного гамма-излучения зависит от насыпной плотности, являющейся функцией кажущейся плотности и коэффициента заполнения измерительного объема. Между эффективным атомным номером вещества и его насыпной плотностью нет однозначной зависимости. Поэтому некоррелируемые с \bar{Z} изменения насыпной плотности искажают результаты определения \bar{Z} по величине интенсивности аннигиляционного гамма-излучения.

Измеряемая интенсивность рассеянного гамма-излучения в энергетической области где преобладает комптон-эффект по сравнению с фотоэффектом и нормирование аннигиляционного гамма-излучения к рассеянному гамма-излучению с выбранной энергией позволяют учесть влияние переменной насыпной плотности, что повышает точность контроля эффективного атомного номера вещества. Дополнительно измеряют интенсивность рассеянного веществом гамма-излучения, энергию которого выбирают

выше такой, чтобы для вещества с максимально возможным эффективным атомным номером вероятность фотоэлектрического поглощения рассеянного гамма-излучения была заметно ниже вероятности комптоновского рассеяния, а эффективный атомный номер определяют по величине отношения интенсивности аннигиляционного гамма-излучения к измеренной интенсивности рассеянного гамма-излучения с выбранной энергией.

Способ реализован на примере контроля качества углей по эффективному атомному номеру. Исследуемый уголь массой около 80 кг облучают высокоэнергетическим гамма-излучением от источника кобальт-60 (~1,25 МэВ). Наряду с аннигиляционным гамма-излучением с энергией 511 кэВ, возникающим при образовании электронно-позитронных пар дополнительно регистрируют рассеянное углем гамма-излучение. Причем энергию рассеянного гамма-излучения выбирают выше 100 кэВ. В этом диапазоне энергий макроскопическое сечение комптоновского рассеяния более чем в 6 раз превышает макросечение фотоэлектрического поглощения. Интенсивность рассеянного гамма-излучения в выбранном диапазоне энергий будет зависеть преимущественно от насыпной плотности. Поэтому величина отношения интенсивности аннигиляционного гамма-излучения к интенсивности рассеянного гамма-излучения с выбранной энергией практически инвариантна к вариации плотности, что повышает точность определения эффективного атомного номера вещества.

Гамма-аннигиляционный метод находит применение при контроле качества твердого топлива, в частности определения зольности в больших массах. Исследованиями установлено, что дифференциация результатов метода обеспечивается различием минеральной и органической частей угля в значениях макроскопических сечений образования пар, полных массовых коэффициентов ослабления первичного и аннигиляционного излучений и плотностей. Наибольший вклад в чувствительность вносит различие составных компонентов угля в макроскопических сечениях образования пар. Относительная доля второго и третьего слагаемых, обусловленных различием составных компонентов угля в значениях полных коэффициентов ослабления и плотности, незначительна, и она практически не зависит от энергии. При анализе больших масс крупнодисперсного угля найдены методические приемы учета непостоянства насыпной плотности, основанные на спектрометрии вторичного гамма-излучения. Метод может найти успешное применение при контроле качества горных пород и руд, содержащих тяжелые элементы.

Предлагаемый способ характеризуется повышенной точностью в условиях дисперсии насыпной плотности, что расширяет сферу его применения при контроле состава сложных веществ.

Литература

1. Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. – М.: Недра, 1985, - 224 с.
2. Клемпнер К.С., Васильев А.Г. Физические методы контроля зольности угля, М.: Недра, 1978. – 174 с.
3. Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. Методы и приборы ядерно-физического анализа углей. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2012. – 186 с.
4. Альфа-бета и гамма-спектроскопия / Под ред. К. Зигбана. – М.: Атомиздат, 1968. – Вып. 1. – 568 с.
5. Пак Ю.Н., Вдовкин А.В. Метод контроля состава квазибинарных сред по аннигиляционному гамма-излучению // Атомная энергия. – 1990. – Т. 69, Вып. 2. – С. 107-109.
6. Sowerby B.D., Ngo V.N. Determination of the ash content of coal using annihilation radiation // Nuclear instruments and methods. – 1981. - № 2. – P. 429-437.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ОЦЕНКИ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ ВЕРХНЕЮРСКИХ НИЗКООМНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Комова А.Д., Петров А.В.

adkomova@yandex.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Низкоомные коллекторы – это продуктивные нетрещиноватые коллекторы, характеризующиеся низкими сопротивлениями и, соответственно, заниженными значениями K_n , полученными с использованием удельных сопротивлений и традиционных петрофизических связей R_p - K_p и R_n - K_v .

Были рассмотрены пласты ЮВ₁¹ и ЮВ₁² васюганской свиты одного из месторождений Западной Сибири. Изучаемый разрез представлен песчано-алевритовыми породами с прослоями аргиллитов. Установлено, что отложения ЮВ₁¹-ЮВ₁² характеризуются регрессивным типом осадконакопления, о чем свидетельствует нарастающее снизу вверх опесчанивание разреза.

Особенностью рассматриваемых отложений является получение притоков нефти по всему интервалу пластов ЮВ₁ и фактическое отсутствие ВНК по результатам испытаний разведочных скважин. Верхняя часть разреза – пласт ЮВ₁¹ – характеризуется высокими ФЕС, высокими значениями удельного сопротивления. Для нижней части разреза – пласт ЮВ₁² – характерно снижение УЭС, что обычно интерпретируется по ГИС как водоносный коллектор. По этой причине расчет коэффициента нефтенасыщенности по стандартной методике в нижней части разреза приводит к получению заниженных значений (< $K_{но}$), что противоречит данным испытаний и добычи.

В настоящий момент известны следующие основные причины, влияющие на снижение величины сопротивления пород:

- Микрослоистая последовательность песчаников и глин (анизотропия пород). Микрослои глин оказывают шунтирующее влияние на сопротивление пласта.
- Локальное присутствие высоко минерализованной пластовой воды.
- Электронная проводимость внутри матрицы породы. Акцессорные минералы (например, пирит) выступают в качестве дополнительного проводника
- Высокие значения связанной воды – повышенная глинистость коллекторов, тонкозернистость песчаников, внутренняя микропористость скелетной фракции.

Ниже рассмотрены факторы, исходно влияющие на снижение УЭС по сравнению с традиционными коллекторами.

1) Микрослоистость (анизотропия). На фотографиях керна, отобранного по пласту ЮВ₁ видно монолитное строение коллектора. В изучаемых отложениях аномальная микрослоистая последовательность песчаников и глин отсутствует.

2) Аномально высокая минерализация пластовых вод. Пласты ЮВ₁¹ и ЮВ₁² являются единой гидродинамической системой. Минерализация пластовых вод васюганских отложений в среднем составляет 32 г/л, что является типичной S_v для верхнеюрских отложений. При единой минерализации пластовой воды пласт ЮВ₁¹ интерпретируется как традиционный коллектор, а пласт ЮВ₁² является низкоомным.

Присутствие минералов с электронной проводимостью. Основным минералом подобного типа в осадочных горных породах является пирит. Согласно описанию шлифов и данным рентгено-структурного анализа, содержание пирита в пластах ЮВ₁¹ и ЮВ₁² встречается повсеместно и равномерно и колеблется в пределах от 1 до 3%, составляя в среднем 1%, не образуя проводящих цепей, из-за которых происходит снижение УЭС.

4) Высокое содержание связанной воды. На величину коэффициента остаточной водонасыщенности может оказывать влияние - внутренняя микропористость скелетной части породы, вещественный состав глинистой компоненты, гранулометрический состав отложений.

Внутренняя микропористость - пористость внутри матрицы породы за счет вторичных изменений в зернах скелета. На РЭМ-снимке васюганских отложений изучаемого месторождения вторичных изменений в зернах пород не наблюдается.

Согласно данным рентгено-структурного анализа, вещественный состав глинистой компоненты изучаемых пластов ЮВ₁¹ и ЮВ₁² практически идентичен, в то время как пласт ЮВ₁² является низкоомным. Кроме того, распределения содержания глинистой фракции по керну для пластов ЮВ₁ показывают равное содержание глинистой компоненты в традиционном пласте ЮВ₁¹ и низкоомном пласте ЮВ₁².

Для изучения влияния фракционного состава отложений на ФЕС были изучены данные гранулометрии. Первоначальный анализ гранулометрии по трем основным фракциям (песчаной, алевритовой и глинистой) показал, что содержание фракций практически неизменно по разрезу пластов ЮВ₁¹-ЮВ₁². Изучение глинистой компоненты показало, что глинистая фракция не оказывает влияния на ФЕС пород. Построенные сопоставления гранулометрических фракций и ФЕС пород для обоих пластов - ЮВ₁¹ с традиционным коллектором и низкоомного ЮВ₁² - образуют единые зависимости. Более детальное рассмотрение данных гранулометрии с разбиением частиц по размерам внутри каждой фракции показало, что частицы самого мелкого размера песчаной фракции влияют на ФЕС пород аналогично частицам алевритовой фракции. Таким образом, было пересмотрено разделение частиц по фракциям и самые мелкие частицы песчаной фракции были отнесены к алевритовой фракции.

Для изучения изменения содержания фракций по разрезу данные гранулометрии с новым разделением на фракции были представлены на геолого-геофизических планшетах в зависимости от глубины отбора образцов. На диаграммах четко выделяется переход от преобладающей песчаной фракции к преобладающей алевритовой - на определенных глубинах содержание алевритовой фракции начинает превышать 50%. На этом основании в разрезе было выделено 2 литотипа без привязки к пластам ЮВ₁¹-ЮВ₁². Значение (Сал,гр=50%) было принято как граничное для разделения двух литотипов. *Первый литотип* сложен крупными фракциями и характеризуется более высокими сопротивлениями. *Второй литотип* сложен, в основном, алевритовой и мелкозернистой песчаной фракциями, характеризуется низкими сопротивлениями и по ГИС зачастую интерпретируется как водонасыщенный (изучаемые низкоомные породы). По выборке скважин с представительным керном при сопоставлении геофизических параметров с содержанием алевритовой фракции были установлены следующие граничные значения для принятого ранее Сал,гр = 50%: dГК,гр = 0.23, УЭСп ИК,гр = 4.5 Ом

На основании выделения в разрезе двух литотипов были критически проанализированы зависимости Рп-Кп и Рн-Кв. Получилось, что зависимость Рп-Кп для обоих литотипов является единой, так как пористость остается практически неизменной по разрезу обоих пластов ЮВ₁¹ и ЮВ₁². Зависимость Рн-Кв четко разбивается на две: для традиционного литотипа 1 с относительно высоким показателем степени n и для низкоомных пород, относящихся к литотипу 2 с более низким показателем n. Использование новых зависимостей Рн-Кв позволило получить коэффициенты нефтенасыщенности, согласующихся с данными по керну. Без дифференциации связи на литотипы величины Кн были равны 13-32%, в среднем 21%, что характерно для водоносного коллектора.

ИНТЕРПРЕТАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ГЛУБИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ «КОСКАД 3D»

Петров А.В.

petrovstud@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Изучение глубинного строения территории России – одна из приоритетных задач геологической службы Российской Федерации. В настоящее время с этой целью проводятся исследования по государственной сети опорных региональных профилей, параметрических и сверхглубоких скважин с целью дальнейшего использования полученной информации о строении недр широким кругом недропользователей.

Работы направлены на решение крупных проблем в области изучения литосферы, геологического картирования, оценки перспектив и разработки глубинных критериев поиска месторождений полезных ископаемых, обоснования границ континентального шельфа России, оценки и предупреждения сейсмической опасности и геоэкологического мониторинга среды.

Главная цель проводимых исследований – построение согласованных, по различным геофизическим методам, физико-геологических и геодинамических моделей исследуемых территорий.

Естественно, что наиболее информативным геофизическим методом, лежащим в основе проводимых исследований литосферы, является глубинная сейсморазведка различных модификаций. К сожалению, как в России, так и за рубежом, проведение глубинных сейсмических исследований подобного характера встречает ряд трудностей, связанных с отсутствием достаточного опыта решения такого рода уникальных задач. При этом можно выделить две основные группы возникающих вопросов. Первые связаны с методическими трудностями проведения и первичной обработки сейсмических наблюдений, вторые с интерпретацией и геологическим истолкованием полученных полевых наблюдений.

Очевидно, что для получения более качественных и информативных результатов интерпретации, необходим подход, который сводится к совместному использованию не только широко известных способов интерпретационной обработки данных глубинной сейсморазведки, но и применению новых и нестандартных подходов. К их числу можно отнести методы вероятностно-статистического подхода к обработке геофизической информации, хорошо зарекомендовавшие себя при решении задач рудной геофизики, а также в процессе интерпретационной обработки данных потенциальных полей. Программная реализация этих методов составляет функциональное наполнение компьютерной технологии статистического и спектрально-корреляционного анализа данных «КОСКАД 3D», ориентированное на интерпретационную обработку самой разнообразной, цифровой, геолого-геофизической информации, в том числе данных глубинной сейсморазведки.

Отметим основные особенности данных глубинной сейсморазведки, учет которых позволяет эффективно применять методы и алгоритмы вероятностно-статистического подхода:

- наличие помех различной природы;
- отсутствие четких отражающих горизонтов по всему сейсмическому разрезу;
- нестационарность полезных сигналов и помех, как с увеличением глубины исследований, так и по сейсмическому разрезу в целом;
- отсутствие достоверной геологической информации о строении и составе земной коры на глубинах, превышающих 3-5 км;
- большой объем цифровой информации, превышающий несколько миллионов отсчетов для одного глубинного сейсмического профиля;

Основную задачу, проведенных исследований, можно сформулировать как построение сценария интерпретационной обработки данных глубиной сейсморазведки, с использо-

ванием методов вероятностно-статистического подхода, реализованных в компьютерной технологии «КОСКАД 3D».

Содержание предложенного сценария обработки включает четыре основных этапа:

1. Оценка статистических, спектрально-корреляционных и градиентных характеристик данных глубинной сейсморазведки.

Основные задачи, решаемые на данном этапе:

- оценка и анализ распределения статистических и спектрально-корреляционных характеристик по отдельным трассам и всему сейсмическому разрезу;

- оконтуривание областей стационарности в сейсмическом разрезе на основе анализа полей первых статистических моментов и градиентных характеристик;

- выделение слабых вертикальных нарушений и горизонтальных отражающих горизонтов на основе анализа градиентных характеристик полей сейсмических параметров;

2. Технология интерпретационной обработки данных глубинной сейсморазведки с использованием методов адаптивной оптимальной фильтрации.

На этом этапе решаются задачи подавления, сильно искажающих исходный глубинный сейсмический разрез, высокочастотных помех и выделения в сейсмическом разрезе областей повышенных энергий различной формы и размеров.

3. Районирование глубинного сейсмического разреза на однородные по множеству сейсмических атрибутов области с использованием классификационных алгоритмов, реализованных в компьютерной технологии «КОСКАД 3D».

Основная задача, которая решается на данном этапе – выделение в глубинном сейсмическом разрезе, однородных по энергии, градиентным и статистическим характеристикам поля сейсмического параметра, областей. Предложенная технология комплексного анализа статистических и градиентных характеристик волнового поля с использованием алгоритмов кластерного анализа реализует разбиение глубинного сейсмического разреза на однородные области, отражающие основные элементы геологического строения земной коры по геотраверсам.

Проведено опробование разработанной технологии оценки статистических, корреляционных и градиентных характеристик, методов адаптивной линейной фильтрации и классификации данных глубинной сейсморазведки на геотраверсах «УРАЛ-СЕЙС», Архангельский 2ДВ, 3ДВ и 1 СБ. Результаты обработки позволили получить много дополнительной полезной информации о геологическом строении крупных элементов земной коры, вплоть до поверхности Махоровича.

Адаптация компьютерной системы «КОСКАД 3D» к анализу данных глубинной сейсморазведки не завершена. В результате проведенных исследований опробована лишь небольшая часть алгоритмов, входящих в ее состав. Дальнейшее развитие по применению системы «КОСКАД 3D» связывается с изучением геологической природы выделяемых слабоконтрастных объектов в полях сейсмических параметров.

Использование современных методов вероятностно-статистического подхода, является лишь естественным дополнением широкого спектра способов обработки и интерпретации данных сейсморазведки, позволяющее в определенной степени повысить эффективность и информативность сейсморазведочного метода в целом

S-VII

**СЕКЦИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И
МАКРШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА**

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Александрова Ю.В., Анистратов Ю.И.

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Производство горных работ на горном предприятии в карьере и руднике организуется по технологическим потокам, который состоит из производственных процессов в забое (буровзрывные работы, выемки и погрузки взорванной горной массы в транспорт) применение и складирование в пункте технологического потока (на карьере отвал для пустых пород, на руднике для полезного ископаемого склад или бункер обогатительной фабрики)

По конструкции технологические потоки могут быть:

- простые, в котором транспортные коммуникации, соединяющие один забой и один пункт приема горной массы
- сложные, в которых несколько забоев объединяются транспортными коммуникациями в общий грузопоток на один пункт приема горной массы.
- разветвленные, в которых из одного забоя транспортными коммуникациями горная масса доставляется к нескольким пунктам.
- комбинированные, в которых из нескольких забоев транспортные коммуникации горная масса объединяется в один грузопоток, а затем разделяется на разные пункты следования.

В конкретных условиях выбор конструкции технологических потоков зависит от механизации горных работ и технологии разработки, а они в свою очередь зависят от свойств горных пород, геологических условий месторождения, глубины рабочей зоны и топографии поверхности.

В любом конкретном случае возникает многовариантная задача выбора: механизации каждого технологического процесса, конструкции и размещения технологических потоков в зоне горного предприятия, минимальных затрат.

Энергетический анализ каждого варианта для определения минимума энергозатрат, благодаря полному учету свойств горных пород, рабочих параметров горной и транспортной техники и технологии, позволяет объективно обеспечить этот выбор в пользу минимальных экономических затрат.

Месторождение полезного ископаемого начинается с определения возможности отработки всего или части месторождения открытым способом. При этом используется критерий граничного коэффициента вскрыши.

В случае разделения запасов месторождения на способы разработки открытым и подземным способами решается вопрос очередности отработки открытым и подземным способами: сначала открытым, затем подземным или одновременно, но с некоторым отличием подземной разработки по отношению к открытой.

Контур открытых горных работ в свою очередь разделяется на этапы отработки по экономичности горной массы для рабочей зоны на поверхности.

Энергозатраты в процессах зависят: при подготовке горных пород от физико-механических свойств массива ($\sigma_{сж}$, $\sigma_{р}$, E , ρ , трещиноватость), свойств взрывчатого вещества и необходимой степени дробления для высокопроизводительной работы погрузочного и транспортного оборудования в следующем за подготовкой технологическом потоке. В процессе экскавации, при взрывной подготовке массива, состава горной массы по крупности, степени разрыхления и параметров развала. В процессе транспорта - от удельного сопротивления движению (ω_0), уклона (i), длины трассы и высоты подъема горной массы в грузопотоке.

ИНВАРИАНТЫ ГЛАВНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ РАЗРУШЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД И МАССИВА ПРИ ДЕЙСТВИИ ОБЪЕМНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

¹Норель Б.К., ¹Азаренко В.А., ²Боровков Ю.А.

¹igds-azarenko@mail.ru, АО «ННЦ ГП ИГД им. А.А. Скочинского», Люберцы, Россия
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В начале аналитического исследования, выполняемого в настоящем сообщении, является применение научных положений общей теории напряженного и деформированного состояния в материале сплошной среды [1]. Затем, при построении и использовании математических моделей инвариантов главных напряжений и главных деформаций [1], выполняются дополнительные включения математических соотношений для описания изменения механического состояния массива и обоснования механической модели энергетического критерия прочности неоднородных горных пород.

Логически целесообразным этапом научного исследования является обоснование параметров напряженного и деформированного состояния сплошной среды (в частности массива горных пород) и установление механических свойств материала при действии объемного напряженного состояния и составление на их основе уравнений получения физических и механических показателей механического состояния деформируемых твердых тел.

Механический процесс перераспределения объемного напряженного состояния протекает в зоне максимальных сжимающих напряжений и в зоне предельных состояний достаточно закономерно, поэтому целесообразно дать пояснение протеканию механических стадий при различных соотношениях между главными напряжениями в основных видах объемных напряженных состояний.

На рисунке 1 представлено распределение объемного напряженного состояния в виде главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ и изменение величины параметра Надаи [2], характеризующего различные виды объемных напряженных состояний.

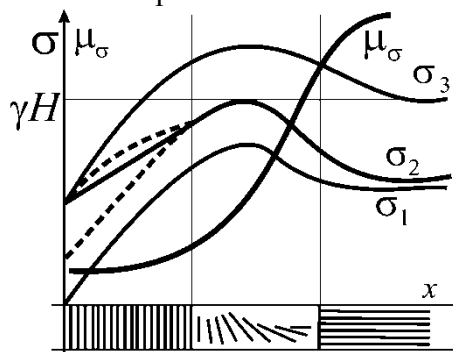


Рис. 1. Характер изменения трех главных напряжений и параметра Надаи в пласте полезного ископаемого в массиве впереди очистного забоя

При проведении горных выработок массив горных пород располагается в первой зоне объемного напряженного состояния. Обычно эта зона классифицируется в механике горных пород как зона геостатического сжатия, где формируется объемное напряженное состояние с соотношениями между главными напряжениями вида $\sigma_1 = \sigma_2 \geq \sigma_3$. Согласно теории Надаи этот вид объемного напряженного состояния относится к обобщенному сжатию, так как $\mu_G = +1$. Во второй допредельной зоне главные напряжения постепенно достигают своих максимальных сжимающих значений. При этом максимальное сжимающее напряжение σ_2 достигает своего максимального значения наиболее интенсивно, а мини-

мальное сжимающее напряжение σ_1 возрастает значительно медленнее (рис. 1). Промежуточное главное напряжение σ_2 , принимает значение, примерно равное $\sigma_2 = \frac{1}{2(\sigma_1 + \sigma_2)}$.

При значениях трех главных напряжений σ_1 , $\sigma_2 = \frac{1}{2(\sigma_1 + \sigma_2)}$, σ_3 величина параметра

Надаи принимает значение равное нулю. Этот вид объемного напряженного состояния относится к обобщенному сдвигу, так как $\mu_G = 0$. Третья зона горных пород массива вблизи горной выработки для достаточно нарушенных горных пород характеризуется физическим состоянием доразрушения, в которой, вследствие влияния выработки, могут сформировываться трещины похожие по форме существующей выработки впереди забоя, а три главных напряжения теряют свою способность к сопротивлению действующим нагрузкам по всем трем направлениям воздействия. В этой зоне величина максимального сжимающего напряжения уменьшается до величины промежуточного главного напряжения, а величина главного минимального сжимающего напряжения стремится к нулю. В этой зоне нагружения формируется объемное напряженное состояние со следующими соотношениями между главными напряжениями $\sigma_1 \approx 0, \sigma_2 = \sigma_3$. Этот вид объемного напряженного состояния относится к обобщенному растяжению, так как $\mu_G = -1$. В этой зоне реализуется значительная величина максимальной растягивающей деформации ε_1 .

Аналитические исследования, выполненные Фроммом [3], добавляют в механическую модель среды соотношения вторых и третьих инвариантов главных напряжений и деформаций в форме отношений третьего и второго инвариантов главных напряжений и второго и третьего главных деформаций.

$$\begin{aligned} \bar{\mu} &= \frac{I'_3}{(2I'_2)^2} & I'_2 &= \frac{1}{6} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2], \\ & & I'_3 &= \frac{1}{27} \cdot [(2\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3) \times (2\sigma_2 - \sigma_3 - \sigma_1) \times (2\sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_2)] \\ \bar{\Delta} &= \frac{\Psi'_3}{(2\Psi'_2)^2} & \Psi'_2 &= \frac{1}{6} [(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2] \\ & & \Psi'_3 &= \frac{1}{27} [(2\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3) \times (2\varepsilon_2 - \varepsilon_3 - \varepsilon_1) \times (2\varepsilon_3 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2)] \end{aligned} \quad (1)$$

Формулы (1) определяют форму тензоров для третьих инвариантов главных напряжений и главных деформаций и позволяют установить критерий подобия тензоров главных напряжений и главных деформаций в виде следующего равенства соотношений параметров Надаи для величин главных напряжений и главных деформаций в виде следующего равенства $\bar{\mu} = \bar{\Delta}$. Это равенство представляет собой математическую модель критерия подобия.

Литература

1. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М.: Высшая школа, 1961, 538 с.
2. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. Т.1, М. Мир, 1969, 648 с.
3. Fromm H. Ing. Arch 4,436, 1933

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ ЗОН

¹Дронов А.Н., ²Величко Д.В.

¹veutel@mail.ru, РУДН, Россия, Москва

²dmitrii_velichko@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Совсем недавно приёмники спутниковых сигналов и необходимое программное обеспечение буквально ворвались во многие отрасли человеческой деятельности, совершенно изменив существующие технологии. Искусственные спутники открыли новую эру в науке об измерении Земли-эру космической геодезии. Они внесли в геодезию новое качество – глобальность; благодаря большим размерам зоны видимости поверхности Земли со спутника значительно упростилось создание геодезической основы для больших территорий, так как существенно сократилось необходимое количество промежуточных этапов измерений. Первые системы глобального позиционирования GPS (Global Positioning System) разрабатывались исключительно для военных целей. Инициатором создания GPS-системы стало Министерство Обороны США. Ее разработка началась в 1973 г., когда Министерство Обороны США перестала устраивать радионавигационная система, состоящая из наземных навигационных систем Loran-C и Omega, и спутниковой системы Transit. Проект создания спутниковой сети для определения координат в режиме реального времени в любой точке земного шара был назван NAVSTAR GPS. Используемая сейчас аббревиатура GPS появилась позднее, когда система стала использоваться не только для военных, но и для мирных целей. Первая штатная орбитальная группировка системы разворачивалась с июня 1989 г. по март 1994 г. На орбиту были выведены 24 навигационных спутника. Окончательно GPS-система была введена в эксплуатацию в 1995 г. В настоящее время она эксплуатируется и обслуживается Министерством Обороны США. Космический сегмент аналогичной российской системы ГЛОНАСС развернут в 1996 году. Основной задачей GPS являлось обеспечение надежного определения положения объекта (человека или транспортного средства) в любой точке Земного шара или околоземного космического пространства, в любое время суток и при любой погоде. Исходя из этого была спроектирована система, состоящая из трёх сегментов:

- Наземные станции слежения за спутниками космического сегмента.
- Находящиеся на определенных орбитах спутники космического сегмента.
- Приемная аппаратура пользователей системы.

В настоящее время ВВС США обслуживают группу, состоящую из 31 GPS-спутника, а также три спутника, выведенных из эксплуатации, которые в случае необходимости могут быть перезапущены. Обслуживание производится с целью обеспечения доступности, по меньшей мере, 24 GPS-спутников в течение 95% времени. Каждый спутник огибает Землю дважды в день и управляется с военной базы Шривер радиосигналами частотой в 2000-4000 МГц. GPS была и остается бесспорным лидером среди подобных систем и найти устройство без чипа с поддержкой GPS довольно трудно. Количество спутников и параметры их орбит таковы, что в любой точке земного шара, в любое время «видны» не менее четырех спутников. Одно из основных назначений наземных станций слежения состоит в периодическом определении параметров орбит спутников системы и передачи информации об этом на сами спутники. Таким образом каждый спутник системы в каждый момент времени «знает» собственные координаты. В результате в околоземном космическом пространстве создается динамическая сеть точек-спутников с известными координатами. Каждый спутник передает закодированную информацию о себе и об остальных спутниках системы, в том числе и информацию о собственных координатах. Следовательно, если удастся измерить расстояние между видимыми спутниками и определяемым объектом, то его координаты можно определить решения пространственной линейной засечки.

Ключевым моментом в истории GPS стало решение президента США об отмене с 1 мая 2000 года режима так называемого селективного доступа (SA - selective availability) - погрешности, искусственно вносимой в спутниковые сигналы для неточной работы гражданских GPS-приемников. С этого момента любительский терминал может определять координаты с точностью в несколько метров (ранее погрешность составляла десятки метров). Поскольку система GPS оказалось очень удобной и надежной, было принято решение о ее коммерческом использовании. При этом, разумеется, потенциальные противники не должны использовать все возможности системы. Поэтому спутники системы GPS передают информацию, закодированную двумя кодами. Приемники министерства обороны способны принимать данные, зашифрованные так называемым P-кодом, все остальные - C/A-кодом. Точность ординат, получаемых с использованием C/A-кода значительно ниже и составляет порядка 30 м.

Наблюдения, при которых используются только передаваемые со спутников закодированные P или C/A кодами данные, называются кодовыми. Соответственно приемники, способные принимать и обрабатывать такие данные, тоже называются *кодowymi*. Определение относительных координат по измерениям псевдодальностей выполняется одним из двух методов: дифференциальным или относительным.

В дифференциальном методе по результатам наблюдений на опорном пункте формируются дифференциальные поправки к соответствующим параметрам наблюдений для определяемого пункта. В относительном методе наблюдения, выполненные одновременно на опорном и определяемом пункте, обрабатываются совместно.

Определение координат пунктов наблюдения может проводиться в статическом режиме, позволяющем выполнять продолжительные сеансы наблюдений.

Данный метод используют для решения задач контроля национальных и континентальных геодезических сетей, мониторинга тектонических движений земной поверхности, наблюдения за состоянием дамб, фундаментов атомных электростанций и др. сооружений.

Выводы

1. За системами спутникового позиционирования лежит будущее. Рано или поздно они заменят собой большинство классических методов топосъемки.

2. Применение систем спутникового позиционирования позволяет совершенно по-иному организовать геодезическую и маркшейдерскую службу на месторождениях, находящихся в труднодоступных местах.

Литература

1. <http://www.dom-spravka.info> Введение в геодезические спутниковые системы.
2. <http://gps-club.ru> Краткая история развития технологии GPS 14.08.2012.
3. <https://geektimes.ru> Сколько спутниковых систем вращается вокруг Земли.
4. <http://www.ixbt.com> Система GPS. Взгляд изнутри и снаружи.
5. <http://loi.sccc.ru/gis/gps> Принципы работы системы GPS и ее использование, С. Марков, КНУСА.
6. <https://geektimes.ru> Сколько спутниковых систем вращается вокруг Земли.
7. <http://www.norm-load.ru> Национальный стандарт Российской Федерации, Методы и технологии выполнения геодезических и землеустроительных работ.
8. <https://geektimes.ru> Сколько спутниковых систем вращается вокруг Земли.
9. <http://www.ixbt.com> Система GPS. Взгляд изнутри и снаружи.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ НЕДР ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

¹Кузьмин М.Б., ¹Красавин А.Г., ²Усова Т.Ю., ³Рыжова Л.П.

¹Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук;

²Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов;

³Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Развитие информационных технологий позволяет поставить на новые рельсы многие отрасли науки и промышленности, включая исследование и освоение недр. Национальные интересы инновационной модернизации страны требуют новых подходов в горно-геологическом производстве. Планы добычи минерально-сырьевых ресурсов должны базироваться на принципах разумной достаточности, учитывающих их целевое назначение.

Ценность уникальной конкретики минерально-сырьевого потенциала сортамента руд и видов металлов, определяется тем, кто и как использует природный капитал недр, на какой курс технического и технологического уклада направлены современные индустрии. Коммерциализация использования минерально-сырьевых ресурсов с исключительной эффективностью стала возможной благодаря геолого-информационно-аналитическим системам (ГИАС), разрабатываемым в ИМГРЭ и ВИМС'е, и геометризации недр геолого-технологическим картированием, разрабатываемой в ИПКОН РАН и РГГРУ. Их использование позволяет принимать правильные инженерные решения не только при добыче руды по сортам и видам металлов, но и техногенно преобразовывать пространство недр, создавая новые виды полезных ископаемых, имеющих целевое назначение для использования в ВПК, аэрокосмических, телекоммуникационных и других высоких технологиях.

Необходимо учитывать модели ситуаций на международной арене, жизненных циклов и временных лагов развития современных технологий, синхронизируя их с планами добычи сортамента руд и видов металлов. Прогрессивные многозабойные тренд-технологии систем разработки с торцовым выпуском руды на основе самоходного технологического оборудования дают возможность создавать конечный инновационный продукт добычи, оптимальным образом отвечающий наиболее актуальным потребностям промышленности. Особый интерес для решения вышеуказанных задач могут представлять многокомпонентные руды с содержанием редких и редкоземельных металлов, которые наиболее массово задействованы именно в высоких технологиях.

Рациональным информационным инструментом для оптимизации предложенных подходов может служить «Атлас системы геометризации разрабатываемого участка недр». Он должен содержать ценностно-целевые установки добычи руды по сортам и видам металлов, опирающиеся на тщательное изучение динамично меняющейся конъюнктуры рынков, в том числе редких и редкоземельных металлов, составляющих материальную основу изменчивых высоких технологий. Только в этом случае удастся соблюсти потенциал задействованных интересов, указывающих на долгосрочные перспективы в политической, военной, экономической и научно-технической сферах влияния на международной арене. При таком подходе ГИАС и геометризация пространства рудных объектов геолого-технологическим картированием запускает механизм модернизации освоения минерально-сырьевой базы недр, ведущей страну по пути развития техники и технологий 5 и 6 поколений.

УСТАНОВЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЗОЛОТА ПО МОНИТОРИНГУ ШТАБЕЛЯ ПРИ ПОЛНОМ ЦИКЛЕ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТВАЛОВ КАРЬЕРА МУРУНТАУ

Якшибаев Т.М., Боровков Ю.А.

temur19.01.1988.tm@list.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Мировые тенденции развития золотодобывающих предприятий в современных условиях все более требуют большого количества минерального сырья, в условиях истощения запасов и обеднения ранее кондиционных месторождений. Для обеспечения необходимого уровня выпуска золота горным предприятиям необходимо расширять сырьевую базу за счет более точной доразведки прилегающих территорий месторождения, переходных рудных зон и вовлечения в переработку некондиционных запасов минерального сырья, накопленных в техногенных образованиях.

Ежегодно в мире горная промышленность извлекает из недр Земли более 12 миллиардов тонн твердых веществ, 70% которых впоследствии становятся отходами горно-обогатительных фабрик. При этом отвалы и хвосты занимают огромные площади с ценными землями, что в свою очередь нарушают экологическую обстановку в районе ведения горных работ.

Вовлечение в переработку некондиционных запасов минерального сырья, накопленных в техногенных образованиях, является весьма актуальным. В настоящее время немногие горно-обогатительные предприятия занимаются переработкой забалансовых отвалов, хвостов золотоизвлекательных фабрик (ЗИФ), которые в свою очередь являются альтернативными ресурсами, не требуют многоциклических технологий и проведение дополнительных буровзрывных работ. При этом меньше тратится энергия на дробление, транспортировку, что в свою очередь экономически выгодно.

Исследования по переработки техногенных отвалов горно-металлургических комбинатов (ГМК), требуют дополнительного изучения их минералогического состава и создание новых технологий переработки.

Данные исследования были проведены на руднике цеха кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) Центрального рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината по мониторингу ярусов рудного штабеля кучного выщелачивания прошедших полный цикл выщелачивания на предмет остаточного содержания золота и влажности. Для этого были выбраны два профиля на отработанном участке подушки выщелачивания на панелях 6М и 6Г в цехе кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) Навоийского горно-металлургического комбината. На каждом профиле были запроектированы 7 скважин для последующего бурения. Расстояние между скважинами составляло 100м, глубина 55-58м. Отбор проб производился на всю глубину скважины. Каждая скважина на поверхности 6-го яруса попадало на один сектор орошения.

Бурение производилось двойной колонковой трубой с керноприемником и последующим лабораторным анализом проб. При визуальном обследовании было выявлено, что рудный материал спрессовывается, частично перетирается в призабойной части буровой колонны, колонковая труба разогревается от трения, при этом определение влажности материала установить было не возможно, а из-за частичного перетирания материала невозможно также проведение сравнительных исследований по определению остаточного содержания золота в различных фракциях.

В дальнейшем бурение производилось грунтонасосом (ГО-2М) с двойной колонковой трубой. Рудный материал, доставленный в виде шлама, сохраняет фракционный состав, уплотнения и истирания отсутствуют, рудный материал полностью пригоден для технологических исследований.

Бурение второй скважины производилась грунтонасосом (ГО-2М), в связи с трудностью бурения и постоянном обрывом снаряда, принято решение о бурении скважины на

всю глубину для корректного определения только остаточного содержания золота в рудном материале. В связи с этим бурение производилось шарошечным долотом диаметром 161мм с шламоулавливающей трубой. Рудный материал перетирается, измельчается и обезвоживается в результате бурения и продувки, вследствие, чего изменяются влажность, гранулометрический состав рудного материала. Глубина бурения второй скважины составляла до 58м. Интервал 40-47 метровый был пробурен одинарной колонковой трубой с выходом притертого шлама.

Бурение третьей скважины в начале производилась одинарной колонковой трубой, выход сильно притертого рудного материала в виде шлама (температура свыше 30°C). После ремонта и усиления грунтонасоса, бурение скважины производился им с глубины 3 метра. На глубине 27м (24.01.11г) произошел обрыв снаряда.

В результате проведения буровых работ установлено, что наилучшие показатели по выходу пригодного для технологических исследований шлама является грунтонасос (ГО-2М).

Бурение скважин производится в светлое время суток, при этом период бурения одной скважины глубиной 58м составляет 7-10дней.

Исследованиями по мониторингу остаточного содержания золота по высоте опробования, выявляются повышенные содержания золота на границах укладки ярусов подушки выщелачивания в разносе вверх и вниз на 3-5 метра, с большим содержанием золота (0,8-0,6) по высоте штабеля рис.1.

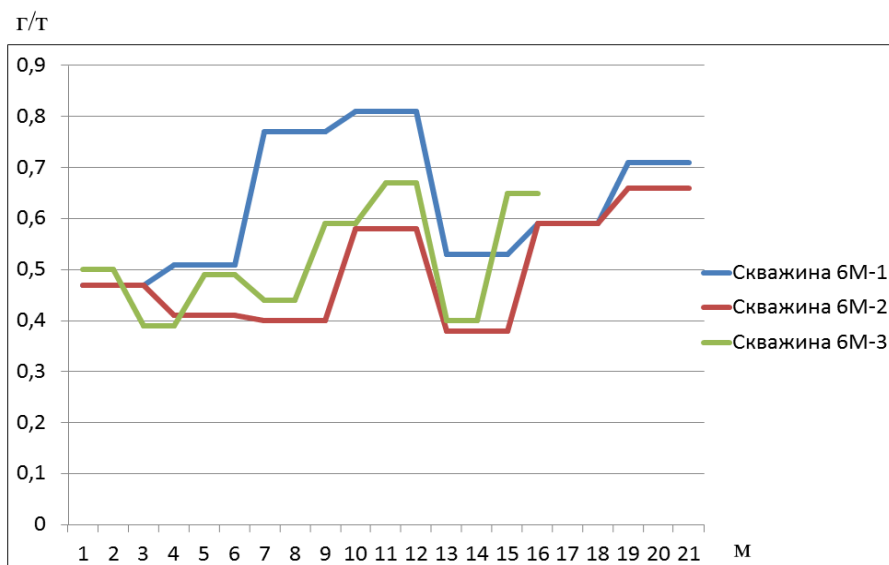


Рис. 1. Анализ выполненных данных результатов показывают, что по высоте рудного штабеля имеются зоны с более высоким содержанием золота на границах укладки ярусов

Анализ выполненных исследований установил, что данное обстоятельство происходит в результате заиливания мелкими частицами руд с образованием зон уплотнения, которые приводит к снижению фильтрационных свойств массива, что в свою очередь препятствуют прохождению раствора с оставлением ценного компонента, которого необходимо доизвлекать и минимизировать потери. Поэтому для интенсификации процесса выщелачивания в штабеле необходимо применить встряхивание уплотненных зон путем применения камуфлетного взрывания кучи. Но для этого нужно провести исследования по равномерному дроблению пород кучи с учетом энергетических характеристик ВВ.

ТЕХНОЛОГИИ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Байрамгулова Л.А.

bos.rggru@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Подземная добыча полезных ископаемых на современном этапе характеризуется понижением уровня горных работ, которое сопровождается и осложнением горно-геологических условий разработки месторождений, в том числе увеличением горного давления. В таких условиях наиболее востребованными являются системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями.

Добыча руды данной системой ведется с высокой себестоимостью, так как затраты на закладку выработанного пространства достигают 30-40% от общих затрат на ведение очистных работ. Это связано с тем что, для приготовления закладочной смеси необходимо большое количество вяжущего компонента [1].

Основными статьями расхода являются: материалы (до 55% затрат приходится на цемент), транспортировка, оплата труда и др.

Снижение затрат на закладочные работы возможно при оптимизации всех звеньев этой технологии.

В последние годы предпринята попытка оптимизировать технологию закладочных работ на рудниках России. Например, на рудниках ПАО «Гайский ГОК» применяются разнородные смеси, которые получили широкое распространение. Как правило, для закладки нижней части камеры применяют более прочную смесь, чем в среднем по блоку.

Сокращение расхода цемента достигается тем, что состав твердеющей смеси для различных участков камеры по ее высоте выбирается с учетом фактического напряженного состояния массива. Для участков блока с повышенной концентрацией напряжений используется упрочненный состав, а для участков менее напряженных применяют твердеющие смеси меньшей прочности. Дифференциация состава закладочных смесей позволяет уменьшить расход цемента на их приготовление за счет учета реального состояния массива, что улучшает технико-экономические показатели технологии при сохранении безопасных условий добычи руд, компенсируя увеличение затрат на закладку пустот твердеющими смесями [2, 3].

Возможность снижения требований к прочности искусственных массивов из твердеющих смесей позволяет вовлечь в производство пустую породу из проходческих выработок, хвосты и отходы добычи и обогащения.

Выбор состава твердеющей смеси необходимо начинать с установления пригодности местных материалов вблизи рудника, определения их запасов в зависимости от необходимого объема закладки с учетом ожидаемого дальнейшего их поступления, возможных способов добычи и доставки к месту закладочных работ. На втором этапе необходимо проводить исследования физико-механических свойств заполнителей, активности вяжущих веществ. Рациональный состав закладки определяют опытным путем, изготовлением и испытанием на прочность и транспортабельность образцов закладки различного состава.

Правильный выбор составляющих закладочной смеси оказывает существенное влияние на эффективность процесса образования твердеющих (монолитных) массивов. Это связано как с технологическими, так и с экономическими аспектами.

Оптимальное управление массивами обеспечивается их разгрузкой от высоких напряжений путем заполнения пустот качественными твердеющими смесями с оптимальным соотношением Т:Ж [4].

Для получения таких смесей предлагаются различные технологические схемы.

Повысить производительность и снизить в целом себестоимость добычи руды можно путём применения нового усовершенствованного закладочного комплекса для приготовления твердеющих смесей.

Одним из основных вариантов технологических схем приготовления и транспортирования твердеющей закладки является технология закладочных работ с отдельной подачей компонентов твердеющей закладочной смеси, которая предполагает подачу вяжущего раствора и кускового наполнителя к месту закладочных работ отдельно и смешивание их в передвижной закладочной установке.

Передвижная закладочная установка обеспечивает доставку готовой смеси в выработанное пространство. Особенностью схемы является возможность использования в качестве компонента твердеющей закладочной смеси пород, получаемых при проходке горных выработок, а также текущих хвостов, отходов добычи.

Технология, включающая узел приготовления и транспорта раствора вяжущих компонентов на поверхности, стационарный узел подготовки и транспортирования породы под землей, передвижную закладочную установку в значительной мере решает проблемы снижения стоимости закладочных работ [5].

И, несмотря на затраты на транспорт пустой породы до закладываемой камеры, происходит снижение суммарных расходов на закладочные работы за счет исключения непроизводительных затрат на выдачу пустой породы и ее складирования на поверхности.

Использование отходов производства (хвостов, отвалов) в качестве компонента твердеющей закладочной смеси дополнительно снижает экологическую нагрузку в районе ведения работ, в целом повышает эффективность действующих рудников в экологически сбалансированном цикле освоения месторождений полезных ископаемых.

Исследования по данному направлению целесообразно развивать в направлении оптимизации всех звеньев закладочных работ начиная от приготовления смеси, ее транспортирования и укладки в выработанное пространство.

Литература

1. Медведев В.В., Пакулов В.В. Совершенствование технологии закладочных работ при камерных системах разработки с закладкой. Вестник ЗабГУ №10 (2013).
2. Монятникова А.Н., Ефимов А.И., Таланцев Л.Р. К вопросу оптимизации технологии закладочных работ при комбайновой отбойке руды коренных алмазных месторождений. Семинар №15, 2010.
3. Голиков В.И., Лукьянов В.Г. Оптимизация прочности закладочной смеси с учетом напряженности пород. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016, №6.
4. Смолдырев А.Е. Технология и механизация закладочных работ. М., Недра, 1974.
5. Брюховецкий О.С., Коробейников В.Ф., Люльчак И.М. и др. Изыскание рациональной технологии закладочных работ с использованием в качестве наполнителя пустых пород из проходческих выработок. М., МГРИ, 1982.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕПЕРОВ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ

Терешин А.А., Болгов К.О., Асилова К.Е.

tereshin_aa@pfur.ru, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Для определения величин смещений и деформаций несущих конструкций зданий и сооружений необходим геодезический мониторинг, который должен выполняться в соответствии с требованиями нормативной документации ГОСТ 24846-2012 и СП22.13330.2011 [1,2]. В целях проведения геодезического мониторинга на зданиях и сооружениях устанавливаются специальные геодезические знаки – деформационные марки. Величины смещений деформационных марок определяются относительно опорных геодезических знаков – реперов, которые должны располагаться вне зоны влияния нового строительства (подработки), и геодезические координаты (пространственное положение) которых в течение длительного времени должно оставаться неизменным.

Согласно ГОСТ 24846-2012 [1] и СП 126.13330.2012 [3] в качестве опорной геодезической сети при наблюдениях за деформациями зданий и сооружений должно использоваться не менее 3-х опорных реперов. В качестве опорных реперов могут использоваться:

1. Грунтовые реперы, основания которых закладываются ниже глубины сезонного промерзания или перемещения грунта;
2. Стенные реперы, устанавливаемые в цокольных частях, а также на несущих конструкциях зданий и сооружений, осадка фундаментов которых практически стабилизировалась. К ним относятся существующие стенные и грунтовые реперы государственной (городской) геодезической сети;
3. Набивные или забивные сваи на строительной площадке, верхним концом выступающие на поверхность, с соответствующим оформлением верхней части свай.

Опорная геодезическая сеть должна размещаться в стороне от проездов, подземных коммуникаций, складских и других территорий, где возможны вибрации от движения транспорта; вне зоны влияния вновь строящихся зданий и сооружений; в местах, где в течение всего периода наблюдений возможен беспрепятственный и удобный подход к реперам для установки геодезических инструментов.

При проведении мониторинга на строительных площадках в стесненных городских условиях, при интенсивном ведении строительных работ, при внесении изменений и дополнений в проект строительных работ, зачастую возникают ситуации, когда опорные геодезические реперы оказываются либо уничтоженными, либо более недоступными для геодезических измерений.

В этом случае устанавливаются новые опорные реперы, координаты которых должны быть определены в уже существующей системе координат и высот. Для этого можно выполнить оценку устойчивости деформационных марок и выделить группу так называемых «устойчивых (жестких)» марок, координаты которых, с большой долей вероятности, не изменились по сравнению с последним (предыдущим) циклом геодезических измерений.

Рассмотрим методику выявления таких деформационных марок на примере наблюдений за вертикальными перемещениями здания промышленного назначения. По конструкции представляет собой одно-двухэтажное здание, конструктивная схема – каркасная, рамно-связевая, каркас образован плоскими многопролетными двухэтажными рамами, установленными с шагом 12м. Фундаменты колонн мелкого заложения, столбчатые отдельностоящие, одноступенчатые. Наружные ограждающие конструкции – сэндвич-панели, опираются на монолитные ж/б фундаментные балки.

В ходе обследования здания были выявлены вертикальные трещины в фундаментной балке раскрытием до 10мм, трещины в стяжке пола раскрытием до 10мм, вздутия поверхности кровельного покрытия в местах сопряжения с парапетом. Состояние фундаментов в обследуемой части здания оценивается как аварийное. По результатам электрокон-

тактного динамического зондирования грунтов (ЭДЗ) выявлена неоднородность геологического разреза и наличие ослабленного слоя грунтов техногенного происхождения в верхней части разреза до глубины 2,7-3,5м, и относительно ослабленная зона на глубине 4,2м мощностью 0,8м.

По результатам обследования было установлено, что деформации фундаментов и надземных несущих конструкций здания происходят в связи с наличием в основании фундаментов слабых неоднородных грунтов повышенной деформируемости, представленных несслежавшимися насыпными песчано-глинистыми грунтами, содержащими большое количество строительного мусора и органических включений (битого кирпича, шифера, корней деревьев, с прослойками почвенно-растительных грунтов и пр.).

В процессе строительства здания в период 2012-2013гг. проводился геодезический мониторинг за осадками несущих конструкций здания. Для этого на прилегающей территории была заложена группа опорных реперов, на здании установлены деформационные марки, и проведено несколько циклов измерений, в результате которых были определены осадки марок [4]. Всего на здании установлено 17 деформационных марок.

В декабре 2016г., т.е. почти через 4 года после окончания строительства, возникла необходимость в продолжении работ по геодезическому мониторингу. При рекогносцировке было установлено, что в ходе работ по вертикальной планировке земной поверхности и благоустройству прилегающей территории все опорные реперы были уничтожены.

Для продолжения работ по мониторингу необходимо выявить «устойчивые марки», и относительно них определить координаты вновь установленных реперов в принятой системе координат и высот. Группа «устойчивых» марок должна удовлетворять следующим условиям: марки должны располагаться в различных конструктивных частях здания; марки должны иметь минимальные отличия в превышениях (разностях высот) между ними в предыдущем и текущем цикле измерений.

Для выявления группы «устойчивых» марок необходимо составить матрицы превышений – разностей высот между всеми марками в предыдущем и текущем циклах измерений. Те марки, которые образуют максимальное число «устойчивых» превышений (величина которых изменилась не более чем в пределах принятой точности измерений) – в текущем цикле можно принимать за «устойчивые», и относительно них вычислять высоты вновь установленных опорных реперов в принятой системе высот.

По результатам мониторинга была составлена «матрица разностей превышений» – результаты определения разностей превышений между всеми деформационными марками в последнем предыдущем (март 2013 года), и текущем (декабрь 2016 года) циклах измерений.

Из «матрицы разностей превышений» установлена группа «устойчивых» марок, которые образуют наибольшее количество «устойчивых» превышений с разностью не более чем в пределах принятой точности измерений. Высоты данных деформационных марок за период времени между двумя циклами измерений, предыдущим и текущим практически не изменились. Поэтому, высоты данной группы «устойчивых» марок приняты в качестве исходных для вычисления высот вновь заложенных опорных реперов.

Литература

1. ГОСТ 24846-2012. «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений» // НИИОСП им. Н.М.Герсеванова, ОАО "НИЦ «Строительство», 2013.
2. СП22.13330.2011. ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ // Минрегион России, 2011.
3. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства // Госстрой РФ, 1997.
4. Терешин А.А., Негурица Д.Л., Алексеев Г.В. Мониторинг деформаций здания геодезическими методами при реконструкции его фундамента // Вестник РУДН // Серия инженерные исследования. – № 4. – 2016г.

К ВОПРОСУ О МАРКШЕЙДЕРСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Бадьянова Л.В. (Научный руководитель Величко Д.В.)

lovegood98@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Многие годы разработку глубоководных месторождений твёрдых полезных ископаемых считали делом довольно сложным и малорентабельным. Однако всё то, что мы считаем фантастикой-внедряется с каждым годом в нашу повседневную жизнь. Технологии разработки улучшаются, а процессы оптимизируются, что конечно же улучшает качество отработки месторождений.

Глубоководные руды содержат ценные компоненты, такие как: железо-марганцевые конкреции (ЖМК); кобальто-марганцевые корки (КМК); глубоководные полиметаллические (колчеданные) сульфидные руды (ГПС); фосфориты; россыпи (золотоносные, оловоносные, титан-циркониевые и др.); строительные материалы (песок, гравий, ракушечник); металлоносные осадки; газогидраты (углеводороды в твердой фазе).

В конкрециях, корках, колчеданных рудах и фосфоритах содержится значительное количество никеля, кобальта, марганца, меди, цинка, серебра, золота, свинца, фосфора, присутствуют платина, кадмий, редкоземельные и другие элементы. Расчёты показывают, что добыча на глубоководных месторождениях дешевле. Общая стоимость ресурсов ЖМК и КМК в два раза превышает ценность указанных компонентов в месторождениях суши, а, следовательно, разработка и добыча окупается. В океане не нужно создавать инфраструктуру, не требуется строительство и ремонт дорог, полезные ископаемые лежат на поверхности дна и транспортировка ТПИ дешевле.

К тому же на суше любой метод добычи – шахтный или открытая разработка – оказывает негативное воздействие на окружающую среду. В океане это воздействие будет намного ниже. Однако проблемы при разработке глубоководных месторождений тоже имеются. На данный момент озабоченность вызывает намечающийся разрыв многолетних научно-методических и производственных связей между организациями, оценка ресурсов и качества сырья специалистами, изучение горно-геологических условий локализации руд, отсутствие у предприятия технологий, аппаратурно-технических средств, отсутствие централизованной координации, управления работами, целевого планирования и финансирования, отставание в графике по контракту (МОМД), отсутствие работ по созданию добычной технологии, проблема обучения будущих кадров (нет стажировок), переработка ТПИ.

Немаловажную роль играет маркшейдерское обеспечение разработки глубоководных месторождений. При разведке и разработке подводных месторождений маркшейдерско-геодезическая служба собирает и изучает гидрографическую, геодезическую, геологическую и метеорологическую документацию по данному месторождению. Без маркшейдерско-геодезической службы будет невозможным составление чертежей горной графической документации по акваториям, контроль и перенесение проекта разведочных и горных выработок в натуру, выполнение подсчёта запасов месторождений, определение литодинамических изменений рельефа дна и изменения подводных выработок, а также контроль изменений. При строительстве и эксплуатации маркшейдерская служба разрабатывает меры по охране сооружений окружающей природной среды от вредного влияния горных выработок; контролирует монтаж установок и параметров гидротехнических сооружений, задает направления горно-подготовительным выработкам, выполняет учёт движения запасов, добычи, потерь и разубоживания полезного ископаемого, а также выполняет ряд других важных работ.

Для маркшейдера важна точность в измерениях и расчётах. Для глубоководных месторождений используется особая аппаратно-дистанционная техника, с помощью которой специалист может качественно собирать данные с морского дна, поскольку прямое присутствие людей в районе работ или невозможно, или сопряжено с техническими трудностями.

Дистанционные технологии позволяют вести работы на больших глубинах: проводить съёмку, выполнять измерения, а также собирать материал, необходимый для работы в дальнейшем.

Поэтому дальнейшие исследования дистанционных технологий помогут повысить эффективность и безопасность ведения глубоководных работ, что является основными задачами как для маркшейдера, так и для горняка.

Литература

1. Трофимов А. А. Основы маркшейдерского дела и геометризации недр: учеб. пособие для вузов. – Недра, 1985.
2. Берлянт А. М. Картографический метод исследования природных явлений: Практическое пособие. – МГУ, 1971.
3. Борщ-Компониец В. И. Геодезия. Маркшейдерское дело //М.: Недра. – 1989. Борщ-Компониец В. И., Гудков В. М., Николаенко В. Н. Маркшейдерское дело //М.: Недра. – 1992.
4. Тайны нашей планеты. Редкие земли № 1 (6) 2016. – Издатель : ООО Де-Ай. Абдул-Хай М. И. М. Разработка проекта топографической съёмки континентального шельфа Йемена : дис. – М. : [Моск. гос. ун-т геодезии и картографии], 2004.
5. Меньшиков И. В. Разработка методики использования спутниковых измерений при топографической съёмке шельфа в высоких широтах : дис. – СПбГУ, 2011
6. Атлас Г. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР //Москва. – 1968.

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ШПУРОВЫХ ЗАРЯДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУМУЛЯТИВНОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Бунин Ж.В., Назаров З.С., Нутфуллаев Г. С., Шарипов Л.О.
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия
Навоийский горно-геологический институт, Навои, Узбекистан

В основных направлениях экономического развития Республики Узбекистан предусмотрен подъем экономики страны. Главным образом, в хозяйственной жизни страны занимает развитие горнорудной промышленности и, в частности, добыча руд цветных металлов, эффективное развитие которого немислимы без постоянного обновления и совершенствования производства, достижения научно-технического прогресса. Ведущую роль в общем технологическом комплексе процессов горного производства занимает процесс рыхления горных пород буровзрывным способом.

Подземный рудник Зармитан имеет следующую горно-геологическую характеристику. На этом руднике ведутся работы для снижения уровня подземных вод до 160 м, находящегося в зоне влияния шахтного водоотлива. В связи с малой мощностью рудных тел, обычно не превышающей ширину штрека, основным способом разведки рудных тел на горизонтах горных выработок является непрерывное прослеживание рудных тел штреками по простиранию. На участках, где мощность руды превышала ширину штрека, принималась полная мощность рудных тел. Основной рудоконтролирующей структурой района месторождения является серия сближенных разрезов широтного простирания с падением на северо-восток под углом более 60°. Оруднение тесно связано с мало-сульфидными телами и кварце-сульфидными прожилками, локализованными в изверженных и осадочных породах. На месторождении выделены две рудоносные зоны: «Северная» и «Южная». Рудные тела представлены телами трещинного и гидротермально измененными породами, с прожилками к крупным тектоническим нарушениям. Второй тип рудных тел встречается реже, но входит в общие запасы месторождения. Мощность рудных тел первого типа изменяется в пределах от нескольких сантиметров и составляет в среднем 1,27м, второго от 0,15 до 18,2м при средней 5,12м. Также, другой подземный рудник Каракутан характеризуется следующими горно-геологическими особенностями. Он занимает площадь 0,8км (0.4x2,0км), вытянут в широтном направлении. Разрез сложен сланцами, эффузивами и кварцитовидными сланцами. Мощность зоны колеблется от 3 до 20м с северным падением 70-85град. Основным полезным компонентом рудного тела является золото, с ним ассоциируется серебро в концентрациях, достаточных для его попутного извлечения. Остальные компоненты практического значения не имеют.

Анализ данных практики и научно-техническое обобщение литературных источников показывает, что основными задачами научно-технического прогресса в области подземных горных разработок являются улучшения показатели проходки горных выработок путём снижения объема бурения, удельного расхода ВВ, увеличение коэффициента использования шпуров (КИШ). Изучением действующих паспортов БВР и результаты проходческих работ ряда подземных рудников НГМК установлено, что проходческие выработки характеризуется одной обнаженной поверхностью. В зависимости от свойства массива, формы и площади сечения выработок используются различные схемы расположение шпуров и виды врубов. Наиболее часто (особенно при меньшей площади сечения) взрывные работы сопровождается наличием невзорвавшейся части шпуров, образуя так называемые «стаканы». При этом КИШ колеблется от 0,70-0,95. Исследованиями также установлено, что эффективность проведения горных выработок зависит не только от схемы расположения шпура, но и от конструкции заряда. С целью более детального выявления данной зависимости были рассмотрены нескольких вариантов конструкции шпуровых зарядов.

При этом возникла идея использования кумулятивного эффекта зарядов ВВ при проходке подземных выработок и сформировалась новая конструкция шпуровых зарядов (рис. 1).

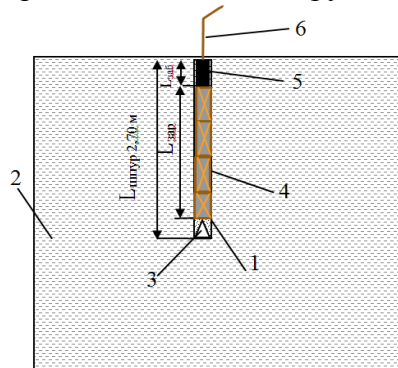


Рис.1. Конструкция шпуровых зарядов с использованием кумулятивного эффекта:
 1 – шпур; 2 – горный массив; 3 – конус из металлической стали; 4 – патрон ВВ; 5 – забойка;
 6 – источник инициирования.

Изучена гидродинамическая теория кумуляции заряда ВВ и на основании решения уравнений механики сплошной среды установлена зависимость изменения угла схлопывания кумулятивной облицовки в зависимости от радиуса конуса, его высоты, начальной скорости и скорости кумулятивной струи, а также времени схлопывания и толщины облицовки, которая определяется по формуле

$$\alpha = \arctan \left[\frac{v_{ш}}{v_{к}} + \frac{v_{ш}^2}{v_{к}^2 - v_{ш}^2} \left(\frac{h_{к}}{r_{ш}} + \gamma + \beta_{об} - v_{к} \right) \right]$$

где $r_{ш}$ – радиус шпура, мм; $h_{к}$ – высота конуса, мм; $v_{ш}$ – начальная скорость кумулятивной струи, км/с; $v_{к}$ – скорость кумулятивной струи, км/с; t – время схлопывания, мс; $h_{об}$ – толщины облицовки, мм.

Способ реализуется следующим образом: 1) в проходческом забое пробуривают комплект врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпуров по паспорту и соответствующей сетке, расположение и параметры которых определены на основе известных методик и результатов опытных взрывов; 2) ко дну обуренных шпуров закладывают конус (изготовленный из пластика, дерева, металла и т.п.) с диаметром, равным диаметру шпуры и имеющий соответствующий угол вершины; 3) затем устанавливают патроны – боевики со средствами инициирования; способ взрывания может быть любой. Далее осуществляют зарядку шпуров взрывчатым веществом, используемым на предприятии. Количество ВВ, в шпуре определяется по паспорту БВР.

Таким образом, предлагаемая конструкция шпуровых зарядов с использованием кумулятивного эффекта позволяет увеличить сетку бурения шпуров за счет полноценного использования энергии взрыва, повысить КИШ, снизить удельный расход ВВ, тем самым сократить затраты на БВР при проходке горных выработок на 10%.

Литература

1. Норов Ю.Д., Нутфуллаев Г.С. Специальная технология буровзрывных работ при строительстве дренажно-канализационной сети в сложных гидрогеологических условиях // Горный журнал. – Москва, 2010. – №12. – С. 21-25.
2. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш., Нутфуллаев Г.С., Саидахмедов Ж.А. Способ дробления массива разнопрочных горных пород щелевыми зарядами взрывчатых веществ с использованием кумулятивного эффекта // Горный вестник Узбекистана. – Навоий, 2013. – №3. – С. 25-29.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДИРУЕМЫХ ГИДРОНАМЫВОМ СОЛЕОТХОДОВ УСОЛЬСКОГО КАЛИЙНОГО КОМБИНАТА

Кологривко А.А.

upnkvk@bntu.by, Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Прогнозирование изменений во времени физико-механических характеристик отходов обогащения калийного производства имеет практическое значение при изучении развития хвостового хозяйства калийных предприятий и, как следствие, снижения техногенеза в районе ведения работ по складированию галитовых отходов (солеотходов). Инженерно-геологические особенности солеотходов, складированные в солеотвалы, представляют практическое значение при проектировании, поскольку от их состава, водно-физических свойств, технологии складирования в значительной степени зависят развивающиеся в солеотвалах процессы консолидации, водно-эрозионные и карстогенные процессы, вследствие чего формируются прочностные свойства солеотходов, изменяющиеся во времени.

Физико-механические свойства солеотходов, не определенные лабораторными и полевыми инженерно-геологическими исследованиями, необходимыми для прогнозирования состояния солеотвала во времени, следует принимать на поисковых этапах исследований по результатам прогнозирования после теоретического изучения и обоснования значений физико-механических характеристик складированных солеотходов на основе аналитического обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований инженерно-геологических свойств солеотходов, аналогичных изучаемым.

Так, обоснование прогнозных значений физико-механических характеристик складированных солеотходов Усольского калийного комбината (УКК), можно принять интерполяцией и экстраполяцией на основе аналитического обобщения результатов исследований инженерно-геологических свойств солеотходов Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и Старобинского месторождения калийных солей как наиболее изученных в части их инженерно-геологических свойств. Научный анализ позволяет обобщить результаты исследований водно-физических и физико-механических свойств солеотходов, инженерно-геологических процессов в солеотвалах с момента складирования солеотходов до их консолидации, особенностей получения солеотходами новых свойств при высотном складировании и представить прогнозные физико-механические свойства солеотходов УКК, складированные в солеотвал, которые могут быть использованы при проектировании солеотвала УКК с количеством солеотходов в год при флотационном методе обогащения от 7500 до 15000 тыс. тонн в зависимости от мощности рудника с годовым режимом его работы 320 суток. Химический состав солеотходов УКК: NaCl 85,27%, KCl 1,84 %, CaSO₄ 1,97 %, MgCl₂ 0,16 %, нерастворимый остаток 2,76 %, H₂O 8,0 %; гранулометрический состав и среднее содержание частиц соответственно: 4,3-1,6 мм 4,3 %, 1,6-1,0 мм 17,5 %, 1,0-0,63 мм 23,2 %, 0,63-0,4 мм 21,6 %, 0,4-0,2 мм 21,2 %, 0,2-0,1 мм 9,5 %, менее 0,1 мм 2,7 %, средний диаметр 0,695 мм.

Анализ и обобщение результатов исследований позволяет установить влияние на физико-механические свойства солеотходов их составов, процессов дегидратации, консолидации, денудации и конденсации. Принимая во внимание основные технические решения и показатели по проектируемому солеотвалу УКК (на основании отсыпается подушка из галита, подаваемого конвейером и распределяемого по плоскости основания бульдозерами, при этом ее толщина в центре солеотвала составляет до 10 м, а за счет уклона площадки солеотвала от центра к краям насыпи увеличивается до 20-25 м; далее производится гидронамыв солеотвала густой пульпой, приготовляемой непосредственно на солеотвале), выполняется прогнозная оценка изменения физико-механических свойств солеотходов, что позволяет установить закономерности изменения их прочностных свойств для процессов сухого складирования и гидронамыва (как основного способа складирования солеотходов

УКК) и представить прогнозные характеристики физико-механических свойств солеотходов УКК, складываемых в солеотвал.

Анализ технологии складирования солеотходов УКК, принимая во внимание установленные закономерности изменения физико-механических свойств солеотходов, позволяет представить следующие выводы:

- при гидронамыве под действием медленно возрастающей нагрузки тела солеотвала основание его будет упрочняться;

- преимущества сухого способа складирования в том, что на прочном основании высота солеотвала может достигать 100-150 м, что позволяет на сравнительно небольших площадях размещать большие объемы солеотходов, вследствие чего от атмосферных осадков образуются небольшие объемы рассолов; недостатки сухого способа складирования – большие затраты на конвейерный транспорт и отвалообразование и необходимость в площадях с прочным основанием;

- преимущества гидронамыва в том, что требуется меньшие затраты на удаление солеотходов и под солеотвалы не требуются площади с прочным основанием; недостатки гидронамыва – меньшая высота солеотходов и, как следствие, необходимость в больших площадях под солеотвалы, большие объемы рассолов от атмосферных осадков;

- гидронамыв высококонцентрированной пульпой позволяет формировать откос солеотвала с любым углом, т.к. откос формируется бульдозером с любым шагом, а не за счет угла естественного откоса;

- гидронамыв позволяет использовать любую площадь под основание и увеличивает массу складываемых солеотходов на единицу площади ввиду большей плотности намытого массива по сравнению с отсыпанным;

- при гидронамыве на той же площади солеотвала можно разместить в 1,38 раза больше солеотходов, сократить капитальные затраты в 2-3 раза;

- большая масса размещаемых в солеотвал солеотходов достигается за счет большей плотности намытого массива;

- на основе обобщенных данных о физико-механических свойствах солеотходов по результатам бурения скважин и опробования прослеживается зависимость увеличения показателей плотности и пористости от давности складирования;

- одним из способов складирования солеотходов может быть обезвоживание шламовых отходов и их складирование всухую, отдельно от галитовых отходов, либо совместно с галитовыми отходами, при этом, содержание глинистых шламов около 17 % является оптимальным и не вызывает существенного изменения показателей общей прочности смеси, а по сравнению со свежими чистыми галитами даже несколько ее повышает.

Оценка устойчивости солеотвала УКК на разных стадиях его эксплуатации должна проводиться с учетом свойств формирующих его образований и слагающих основание грунта.

Свежеотсыпанные солеотходы в начале формирования солеотвала характеризуются практически отсутствием сцепления и прочностью, обусловленной только трением. Претерпевшие изменения после складирования солеотходы преобразуются в прочную сцементированную породу с высокими значениями сцепления.

При прогнозе устойчивости откосов солеотвалов нужно принимать только значения угла внутреннего трения. Важным является выявление промоин, вызванных суффозионными процессами и происходящими в период гидронамыва; растворения поверхностных слоев, вызванные атмосферными осадками (дожди, таяние снега, туман); наличие трещин, вызванные оседанием солеотвала под собственным весом на слабом основании, в том числе в период подработки.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВОВ, ПРОЦЕССОВ ДЕГИДРАТАЦИИ И КОНСОЛИДАЦИИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СОЛЕОТХОДОВ

Кологривко А.А.

upnkvk@bntu.by, Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

С течением времени складирования солеотходов калийных предприятий происходят изменения их состава, состояния дисперсной фазы и дисперсионной среды с образованием кристаллизационных структурных связей, вследствие чего, солеотходы претерпевают самопроизвольно развивающиеся во времени процессы уплотнения. В процессе физико-механических изменений составов солеотходов формируется солеотвал с высокими до $2,0 \text{ г/см}^3$ значениями плотности в упрочненных зонах и низкими значениями пористости, зависящих от степени литификации солеотвалов и связанной с наличием различных по форме и размерам промежутков между отдельными кристаллами и зернами солей, заполненных рассолом или воздухом. Процесс интенсивного отжатия жидкой фазы с уплотнением солеотходов продолжается не более 18 ч. При повышении минерализации (устойчивые пределы которой 340-375 г/л), увеличивается вязкость рассолов NaCl, которая при повышении температуры падает, а при понижении температуры до $-21,2 \text{ }^\circ\text{C}$ рассол NaCl замерзает, превращаясь в смесь кристаллов льда и гидрогалита $\text{NaCl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, что на межкристалльном уровне вызывает ослабление сил связи на контактах между зернами галита.

Солеотходы с течением времени приобретают высокие прочностные и противofiltrационные свойства, близкие к прочностным свойствам полускальных и скальных пород, обеспечивающие устойчивость солеотвалов, при этом, от основания к вершине солеотвала формируются принципиальные зоны без резких, по физико-механическим свойствам, границ разделения их показателей: сильноуплотненная или монолитная (плотностью $1,85\text{-}2,0 \text{ г/см}^3$, влажностью 3-5 %, коэффициентом фильтрации 0), среднеуплотненная (плотностью $1,77\text{-}1,85 \text{ г/см}^3$, влажностью 5-10 %, коэффициентом фильтрации 0,5-0,005 см/сут), слабоуплотненная (плотностью порядка $1,6 \text{ г/см}^3$, влажностью 10-15 %, коэффициентом фильтрации от 5 до десятков см/сут) при этом величина рассолосодержания варьирует для упрочненных солеотходов в пределах 0,03-0,09 д.е., для свежееотсыпанных – 0,09-0,35 д.е. Продолжительность во времени стадий консолидации солеотходов в солеотвалах от их свободного уплотнения, далее – к вторичной консолидации и до затрудненного уплотнения оценивается по данным определений водно-физических и механических свойств солеотходов временем порядка 12 ч. Восприимчивость солеотходов к нарушению их структуры связана с особенностями структурных связей, обусловленных кристаллизацией рассолов NaCl (в т.ч. при превращении рассола в кристаллы льда и гидрогалита), содержащихся в первичной рапе, при этом, потери влажности на дегидратацию (выделение первичной рапы) следует принимать равным 50-70 % от начальной влажности солеотходов.

Характерными видами деформаций на откосах солеотвалов являются оплывины и оползни (локальные, ступенчатые, контактные). Оплывины и локальные оползни имеют небольшие объемы. Возникновение контактных и ступенчатых оползней обусловлено наличием в основании солеотвала слабых глинистых пород, что делает необходимым производить оценку устойчивости солеотвала на разных стадиях его эксплуатации с учетом свойств формирующих его образований и слагающих основание грунтов, и для инженерных расчетов при прогнозе устойчивости солеотвалов следует принимать значение угла внутреннего трения. Прочность цементированных солеотходов зависит от технологии их складирования (сухое складирование, гидронамыв) и увеличивается снизу вверх при наращивании высоты солеотвала. При гидронамыве, не требуются площади с прочным основанием, что может рассматриваться с позиций преимуществ гидронамыва.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР И ВЫПУСКНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗАЛЕЖЕЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Боровков Ю.А., Рассказов С.А., Ивченко В.В.

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

При разработке рудных месторождений одной из основных геомеханических характеристик является установление устойчивых параметров пролетов камер и обнажений кровли. Поэтому нами проводился расчёт предельных пролётов камер для золоторудного месторождения «Майское», расположенного в зоне многолетнемерзлых пород, по методу оценки устойчивости обнажений Мэтьюза-Потвина эквивалентного полупролёта с показателем устойчивости массива (N):

$$N = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot A \cdot B \cdot C, \quad (1)$$

где: RQD – нарушенность массива трещинами по кусковатости керна скважин; J_n – количество систем трещин; J_r – шероховатость трещин; J_a – сцепление поверхностей трещин; A – отношение прочности к напряжённому состоянию пород; B – ориентацию трещин (нарушений); C – угол падения (наклон) обнажения.

Методика определения значений коэффициентов, входящих в формулу (1) и эквивалентного полупролёта устанавливается по показателю устойчивости Мэтьюза-Потвина (N), [1]. Оценка устойчивости рудных штреков производилась на основе моделирования в программе Phase-2 (Rocscience) для различных параметров рудных штреков и стадий отработки – проходки штреков, формирования междуэтажного целика, поэтапной отработки слоёв и закладки выработанного пространства.

Расчёт предельных пролётов рудных штреков производился по методу оценки устойчивости обнажений на основе определения рейтинга Бартона Q , [2]:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \quad (2)$$

где: J_w – водный фактор; SRF – фактор снижения напряжений.

Методика определения значений коэффициентов, входящих в формулу (2) оценивается Q -рейтингом горных пород. Для условий месторождения произведён расчёт предельных пролётов камер по методу Мэтьюза-Потвина, описанному выше.

Проектные данные: прочность пород $\sigma_{сж}^{обр} = 105.2 \text{ МПа}$; удельный вес пород $\gamma = 2,8 \text{ т/м}^3$; коэффициент Пуассона $\nu = 0.26$; коэффициент бокового давления $\lambda = 0,35$

Напряжения σ_1^{\max} определялись по результатам моделирования в Examine2D (Rocscience) для мощностей 4 и 12 метров. По полученным значениям напряжений строилась интерполяция для интервала мощности от 4 до 12 м.

По данным геологической службы на этих участках вычислялось среднее значение показателя RQD в породах всячего бока.

Представлены основные параметры участков и результаты расчётов гидравлического радиуса по методу оценки устойчивости обнажений Мэтьюза-Потвина.

В зависимости от величины HR (гидравлического радиуса) рассчитывался допустимый эквивалентный пролёт для устойчивого состояния всячего борта камеры. Затем в зависимости от высоты этажа с учётом частичной закладки отработанной части камеры, рассчитывался устойчивый пролёт камеры по простиранию, для обеспечения устойчивости в ходе отработки и на момент завершения работ в камере после отработки последнего верхнего слоя [3]:

$$L_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot HR \cdot L_{\text{пад}}}{L_{\text{пад}} - 2 \cdot HR} \quad (3)$$

Пролёт камеры по падению задаётся для самого критичного случая, когда весь этаж отработан и выемочное пространство заложено кроме последнего слоя:

$$L_{\text{пад}} = h_{\text{сл}} + \left(1 - \frac{1}{K_3}\right) \cdot (h_3 - h_{\text{сл}}),$$

где $h_{\text{сл}} = 7,5$ м – высота слоя отработки; $h_3 = 60$ м – высота этажа; $K_3 = 1,7$ – коэффициент, учитывающий закладку.

С учётом закладки расчётный пролёт камеры по падению составляет: $L_{\text{пад}} = 29,1$ м.

Данные параметры предельных, устойчивых пролётов по простиранию определены для условий пород висячего бока двух горизонтов при условии закладки выработанного пространства вплоть до последнего слоя. При проектировании отработки конкретного участка, при наличии актуальных данных о свойствах пород, нарушенность массива трещинами по кусковатости керна скважин (RQD); трещиноватость возможна корректировка расчётных параметров устойчивых пролётов. Для повышения устойчивости основных выпускных горных выработок возможно в трещиноватых породах применение предварительного направленного контурного трещинообразования позволит получить гладкостенное оформление воронок выпуска для снижения потерь руды на их поверхностях. Известно, что ровная поверхность способствует равномерному распределению нагрузки горного давления в близких к поверхности обнажения слоях массива. Для обоснования параметров предварительного направленного контурного трещинообразования необходимо учесть не только статическое гравитационное поле напряжений, но и давление на кровлю от притока подземных вод в сезонный период. С этой целью автором были проанализированы существующие методики расчета параметров контурного взрывания, основным из которых является метод направленного предварительного трещинообразования, и предложена формула для определения расстояния контурными шпурами при направленном трещинообразовании с учетом энергетических характеристик ВВ, прочностных свойств гипса и трещиноватости горных пород:

$$a = \lambda \cdot d_{\text{ш}} \cdot K_{\text{мп}} \cdot \left(1 + 2^{\frac{1}{n}}\right) \cdot \left\{ \frac{2 \cdot \xi \cdot P_{\text{д}}}{(1+C) \cdot [\gamma \cdot H \cdot \xi \cdot (1 - \beta \cdot \xi) \cdot \exp(-k \cdot W) + q_0]} \cdot \left(\frac{V_3}{V_{\text{ш}}}\right)^{\chi} \right\}^{\frac{1}{m}}, \text{ м} \quad (4)$$

где $m = 2 + \frac{\nu}{1-\nu}$, $n = 2 - \frac{\nu}{1-\nu}$ (ν – коэффициент Пуассона), $d_{\text{ш}}$ – диаметр шпура (скважины),

м; $K_{\text{мп}}$ – коэффициента ориентации главной системы трещин относительно взрывааемых шпуров; $P_{\text{д}}$ – детонационное давление, МПа; V_3 , $V_{\text{ш}}$ – объемы соответственно заряда и шпура (скважины), м³; χ – показатель адиабаты процесса расширения газов взрыва, ед; C – отношение импеданса ВВ к импедансу породы; ν – коэффициент Пуассона; $\xi = \frac{\nu}{1-\nu}$ – коэф-

фициент бокового распора пород; $\beta = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$, ϕ – угол внутреннего трения, град.; k –

коэффициент, зависящий от структуры породы и её пористости (для пятнистого гипса $k = 0,207$, а слоистого – $0,151$), W – степень увлажнения гипса.

Литература

1. Brady B.H.G., Brown E.T. Rock mechanics for underground mining. – New York: Kluwer Academic Publishers, 2005. – 645 с.
2. Макаров А.Б. Практическая геомеханика. – Москва: Недра, 2005. – 259 с.
3. Баранов А.О. Проектирование технологических схем и процессов подземной добычи руд. Справочное пособие. Москва: Недра, 1993. – 283 с.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВАЛОМ ПОРОД С УЧЕТОМ ЭНЕРГИИ ЗАРЯДОВ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Заиров Ш.Ш., Тухташев А.Б., Равшанова М.Х.
sher-z@mail.ru, Навоийский государственный горный институт,
Навои, Республика Узбекистан)

С целью создания оптимальных размеров подпорной стенки при взрывании «в зажатой среде» на уступе с учетом энергии заряда эмульсионных взрывчатых веществ, позволяющих обеспечить сохранение геологической структуры горного массива, сокращение подготовительно-восстановительных операций при взрыве, повышение безопасности и увеличение производительности работы погрузочно-транспортного оборудования, проведены исследования по определению параметров разлета и развала отбитой взрывом горной массы [1, 2].

Параметры развала пород зависят от особенностей его формирования, определяемых условиями ведения взрывных работ – «на подобранный забой» или «в зажатой среде».

При взрыве разрушенные породы смещаются в сторону откоса уступа. Следствием такого смещения является увеличение ширины (длины) развала по сравнению с шириной взрываемого блока при одновременном уменьшении высоты развала по сравнению с высотой взрываемого уступа.

Максимальная ширина развала на уступе определяется по формуле [3]

(1)

Величинами, определяющими ширину развала, являются: энергия заряда ВВ, плотность породы, ускорение силы тяжести и линия наименьшего сопротивления.

Ширину развала породы при взрыве первого ряда скважин можно определить на основе теории подобия и размерности [3, 4]:

$$L_0 = Wf \left(\frac{E}{cgW^4} \right), \quad (2)$$

где W – линия наименьшего сопротивления, м; E – энергия заряда ВВ, Дж; ρ – плотность породы, кг/м³; g – ускорение силы тяжести, м/с²; f – коэффициент крепости пород по шкале М.М.Протождяконова.

Общее разрушающее действие взрыва пропорционально энергии заряда ВВ и определяется полной величиной взрывного импульса [5].

Основными параметрами эмульсионного ВВ, в наибольшей мере влияющими на уровень энергоемкости взрывного разрушения горных пород и экономию затрат на взрывные работы, считаются:

– абсолютная весовая энергия E_T или полная идеальная работа E_{Π} взрывчатого вещества (мДж/кг);

– абсолютная объемная энергия E_v ; (мДж/м³)

– детонационное давление P_D ;

– давление газообразных продуктов детонации в скважине P_c ;

– скорость детонации D , м/с;

– коэффициент мощности, k_m ;

– идеальная работа взрыва E_p .

При постоянном объеме зарядной полости запас энергии эмульсионного ВВ изменяется пропорционально объемной энергии [6]:

$$E_v = E_m \cdot \rho_{\text{вв}}, \quad (4)$$

где E_v – абсолютная объемная энергия эмульсионного ВВ, мДж/м³; E_m – абсолютная весовая энергия эмульсионного ВВ, мДж/кг; $\rho_{\text{вв}}$ – плотность заряжения эмульсионного ВВ, кг/м³.

Запас энергии эмульсионного ВВ зависит от удельной энергии и плотности эмульсионного ВВ, а также плотности заряжения.

Потенциальная энергия заряда эмульсионного ВВ определяется по формуле:

$$E_n = E_m \cdot \rho_{\text{вв}} \cdot V, \quad (5)$$

где V – объем эмульсионного ВВ, м^3 ; $\rho_{\text{вв}} \cdot V = m_{\text{вв}}$ – представляет собой массу ВВ $m_{\text{вв}}$, а $E_m \cdot \rho_{\text{вв}}$ – объемную концентрацию энергии заряда.

Таким образом, регулировать объемную концентрацию энергии эмульсионного ВВ и зарядов можно путем регулирования удельной энергии эмульсионного ВВ на стадии его создания; созданием условий протекания взрывчатого превращения с максимальным выделением весовой энергии эмульсионного ВВ; регулированием плотности эмульсионного ВВ и плотности его заряжания.

Ширину развала взорванных горных пород определяют по формуле:

$$L_p = \frac{Q_{\text{вв}} c_{\text{EE}} p r_{\text{зар}}^2 l_{\text{зар}}}{f c g W^3}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{вв}}$ – теплота взрыва эмульсионного ВВ, кДж/кг ; $r_{\text{зар}}$ – радиус заряда эмульсионного ВВ, м ; $l_{\text{зар}}$ – высота заряда эмульсионного ВВ, м .

Высоту развала можно определить по формуле [5]:

$$B_p = H_y \sqrt[4]{\frac{N}{H_y q_p}}, \quad (7)$$

где H_y – высота уступа, м ; N – количество рядов взрываваемых скважин; q_p – удельный расход ВВ, кг/м^3 .

Установлена взаимосвязь коэффициента разрыхления, массы заряда эмульсионного ВВ и расстояния между скважинами:

$$K_p = 1,22 \left(\sqrt[3]{\frac{Q_{\text{зар}}}{a}} \right)^{0,73}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{зар}}$ – масса заряда эмульсионного ВВ, кг ; a – расстояние между скважинами, м .

Таким образом, для расчета ширины и высоты развала взорванных горных пород при взрыве скважинных зарядов с использованием эмульсионных ВВ получены формулы, в которые входят основные параметры, определяющие параметры взрываемого блока и концентрацию энергии эмульсионных ВВ.

Литература

1. Бибик И.П., Заиров Ш.Ш., Ивановский Д.С. Исследование влияния параметров буровзрывных работ на коэффициент сброса при взрывном перемещении разнопрочных горных пород // Горный журнал. – Москва, 2010. – №12. – С. 19-20.
2. Бунин Ж.В., Заиров Ш.Ш., Нутфуллаев Г.С. Разработка методики расчета эффективных параметров ведения буровзрывных работ в разнопрочных горных породах // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №1. – С. 40-44.
3. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш. Управление развалом горных пород с учетом энергии заряда эмульсионных взрывчатых веществ // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №4. – С. 23-29.
4. Норов Ю.Д., Бибик И.П., Заиров Ш.Ш. Управление эффективными параметрами буровзрывных работ по критерию качества взорванной горной массы // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург. – №1, 2016. – С. 34-39.
5. Савинков В.Д. Разработка эффективных средств и методов взрывной отбойки в условиях отрицательных температур и высокогорья // Дисс. ... канд. техн. наук. – Бишкек, 1998. – 132 с.
6. Мельников Н.В., Марченко Л.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда. – М.: Наука, 1964.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ КЫЗЫЛКУМСКОГО РЕГИОНА

Заиров Ш.Ш., Равшанова М.Х.

sher-z@mail.ru, Навоийский государственный горный институт,
Навои, Республика Узбекистан

Месторождения Кызылкумского региона характеризуются сложным строением рудных тел, высокой изменчивостью содержаний полезных компонентов, крутыми углами падения и невыдержанной мощностью рудных тел. Такая изменчивость существенно влияет на эффективность добычи полезных ископаемых, значительно усложняя выбор технологических параметров буровзрывных работ (БВР). В то же время, с увеличением глубины разработки до предельно экономически целесообразной величины повышается обводненность и трещиноватость горных пород, растет влияние глубины карьера на сопротивляемость руд взрывному разрушению и повышаются требования к сохранности бортов. В связи с этим научное исследование, разработка и внедрение способов для интенсификации процессов БВР на карьерах Кызылкумского региона, повышение эффективности использования взрывных технологий, позволяющих обеспечить необходимое качество взорванной горной массы, возможность управления формой и параметрами развала, сохранение геологической структуры массива и сокращение подготовительно-восстановительных работ являются актуальной проблемой науки и практики горного производства, решение которой способствует повышению экономической эффективности работы предприятий.

Разработана конструкция скважинного заряда ВВ при контурном взрывании на открытых горных работах, позволяющая получить устойчивые откосы уступов [1].

При данной конструкции бурение взрывных скважин осуществляется буровыми станками СБШ-250МН по рабочей сетке параметров БВР, разработанной паспортом данного предприятия. Бурение оконтуривающих скважин производится станками марки Driltex-D25KS или УРБ-2А-2Б.

Формирование конструкции скважинных зарядов ВВ при контурном взрывании осуществляется следующим образом: на левой стенке скважины помещают промежуточный детонатор из взрывчатого вещества Nobelit-216Z диаметром 70 мм и массой 2 кг каждый симметрично в трех местах, а на правой стенке также помещают заряды из промежуточных детонаторов с аналогичными параметрами в шахматном порядке, т.е. каждый с радиальным зазором.

Взрывание зарядов дробления и оконтуривающих скважинных зарядов в приконтурной зоне производят отдельно. Оконтуривающие заряды взрывают с замедлением 35-50 мс.

В соответствии с разработанной «Методикой исследования действия взрыва оконтуривающих скважинных зарядов взрывчатых веществ в приконтурной зоне карьера» на карьере Мурунтау проведены опытно-промышленные испытания разработанной конструкции и эффективных параметров контурного взрывания, в результате которых получены устойчивые откосы 20-метровых уступов с углами откоса 60° , предотвратив необходимость в дополнительной разноске бортов, одновременно повысив безопасность ведения работ на нижележащих горизонтах. Разработанные эффективные параметры контурного взрывания обеспечили создание максимально широкой экранирующей щели при заданном ограничении мощности зоны нарушений межблочных связей в приоткосной части массива.

Разработан способ снижения пылегазовыделений при массовых взрывах на карьерах, включающий заряд из промышленного ВВ и забойку, состоящей из двух частей: инертного материала и закрепляющей смеси [2].

В скважину размещают заряд из промышленного ВВ (Nobelit-2080, аммонит №6ЖВ, игданит) по паспорту буровзрывных работ. Над скважинным зарядом ВВ закладывают забойку, состоящей, в свою очередь, из инертного материала высотой, равной S общей длины

забойки. Далее над инертной забойкой заливают закрепляющую смесь при следующем соотношении, мас. %:

- раствор силиката натрия ($\rho=1,45-1,50 \text{ г/см}^3$) с силикатным модулем 3,0-3,5) – 30;
- природный фосфорный ангидрит (P_2O_5 9-10%) – 20;
- песок – 15;
- супесь – 15;
- вода – 20.

Фосфорный ангидрит (P_2O_5 9-10%), песок (SiO_2 – 89,24% , Na_2O – 1,3%) и супесь (NaCl – 12%) в большом объеме находятся во вскрышных породах на карьере Ташкура Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов. Фосфорный ангидрит используется в качестве отвердителя, а супесь – для просачивания.

Закрепляющая смесь прошла промышленную проверку и внедрена на карьере Ташкура Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов. Установлено, что при взрывном рыхлении горного массива с использованием забойки из закрепляющей смеси объем пылегазового облака уменьшается на 30-35% по сравнению с рыхлением с использованием забойки из буровой мелочи.

Разработаны рекомендации взрывания блока с сохранением геологической структуры горного массива, увеличением коэффициента полезного действия энергии ВВ, сокращением подготовительно-восстановительных операций при взрыве на уступе, повышением безопасности и увеличением производительности работы погрузочно-транспортного оборудования, которое достигается при взрывании в зажатой среде и использовании эмульсионного ВВ с системой инициирования неэлектрического взрывания с реализацией эффекта «одна скважина – одно замедление» [3].

Разработан способ взрывного разрушения массива разнопрочных горных пород с использованием щелевых зарядов ВВ [4]. Реализация способа взрывного разрушения разнопрочных горных пород с использованием щелевых зарядов достигается тем, что мощность крепких включений определяют в процессе бурения скважин. Между скважинами проходят щели глубиной, равной глубине заложения крепких включений, и шириной 0,8 м. На дне щели устанавливают заряды ВВ, имеющие направленное кумулятивное действие. Щель и скважины заполняют забойкой, основные скважинные и дополнительные щелевые заряды взрывают одновременно. Такая конструкция щелевых зарядов ВВ позволяет произвести равномерное дробление разнопрочных горных пород за счет направленного использования энергии взрыва по крепким включениям, находящихся в верхней части уступа в пластовых сложноструктурных месторождениях и снижает удельный расход ВВ.

Литература

1. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш., Рустамов О.И. Повышение эффективности использования взрывных технологий на карьерах Кызылкумского региона // Сборник научных статей республиканской научно-практической конференции на тему: «Проблемы горной и нефтегазовой отраслей и пути инновационного развития». – Карши, 8-9 апреля 2016 г. – С. 252-254.
2. Заиров Ш.Ш. Разработка способа снижения пылегазовыделений при массовых взрывах на карьерах // Взрывное дело. – Москва, 2015. – №114/71. – С. 202-210.
3. Норов Ю.Д., Бибик И.П., Заиров Ш.Ш. Управление эффективными параметрами буровзрывных работ по критерию качества взорванной горной массы // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург. – №1, 2016. – С. 34-39.
4. Норов Ю.Д., Бунин Ж.В., Заиров Ш.Ш., Нутфуллаев Г.С. Интенсификация разрушения массива разнопрочных горных пород зарядами ВВ с кумулятивным эффектом // Горный журнал. – Москва, 2016. – №2. – С. 16-20.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩЕНИЯ МАССИВА КРЕПКИХ ПЕСЧАНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ РАСТВОРАМИ

Мислибаев И.Т., Гиязов О.М., Солиев Б.З.

i.mislibaev@nsmi.uz, Навоийский государственный горный институт,
Навои, Республика Узбекистан

Структурные факторы, влияющие на поведение горной породы в активной среде, чрезвычайно многообразны и взаимосвязаны с другими факторами, определяющими механизм адсорбционного понижения прочности под воздействием среды. К ним относятся пористость, гранулометрический и минералогический составы, влажность породы, и текстура, и структура, дефектность структуры и т.д.

Горные породы представляют собой сложные трехфазные системы, состоящие из твердого вещества, жидкости и газа. Количество, объем и структура пор, трещиноватость определяют механическими свойствами горных пород. Структурные дефекты способствуют зарождению микротрещин, поверхностно-активная среда облегчает и способствует их развитию и распространению.

Эффективности действия ПАВ в значительной степени зависит от молекулярного средства ПАВ и горной породы, т.е. при подборе оптимального понизителя прочности следует учитывать минералогический состав породы. Наибольшей смачивающей способностью будут обладать лишь те ПАВ, близкие по химическому составу горным породам; за счет этого достигается максимальная скорость подвода ПАВ к устью вновь образованных трещин.

При разрушении и деформации горных пород происходит формирование структур различных порядков и их переход друг в друга. При этом разрушение происходит, когда какая-то структура (например, система микротрещин) становится неустойчивой. Влияние раствора ПАВ как раз и заключается в том, что они могут перевести структуру из состояния устойчивого равновесия в неустойчивое положение.

В настоящее время можно с уверенностью отметить, что практически для каждого материала можно найти среду, которая приводит к адсорбционному понижению его прочности.

Практически для всех видов твердых тел существуют родственные по химическому составу и строению среды, которые в значительной степени обеспечивают компенсацию обнажающихся при разрушения тела связей, т.е. сильно понижающих свободную энергию возникающей вновь поверхности и, тем самым, могут привести к резкому падению прочности данного твердого тела. Степень влияния среды связана многими обстоятельствами, в том числе с реальной дефектной данного твердого тела - наличием зародышей разрушения, развитию которых и превращению в трещины помогает среда.

Важную роль играют границы зерен; если в отсутствии активной среды разрушение имеет чаще всего транскристаллитный характер, то при контакте с поверхностно-активным веществом твердого тела происходит почти исключительно по границам зерен, которые являются дефектами, несущими избыток свободной энергии и, соответственно, местами адсорбции и каналами для распространения поверхностно-активных атомов.

Понижение прочности горной породы или облегчение процесса механического разрушения ее может произойти только в среде, обладающей высокой энергией смачивания по отношению к данной породе или содержащей вещества, способные адсорбироваться на поверхности породы. В процессе механического разрушения напряжения, возникающие в породе, приводят не только к разрушению поверхностного слоя, но и к образованию макро- и микротрещин в более глубоких слоях породы, т.е. к образованию зоны остаточных деформаций. Вследствие этого в указанной зоне прочность породы всегда в той или иной степени понижена по сравнению с первоначальной прочностью.

Механизм снижения прочности образцов пород при воздействии на них различных химических реагентов в зависимости от состава цемента можно наглядно показать по характеру изменения веса образцов в процессе взаимодействия.

Серия образцов, представленных кернами диаметром 52 мм с различным типом цемента просушили при температуре 105°C до стабилизации веса и поместили в растворы химически активных веществ, а именно раствор карбамида, концентрации 4% растворы кислоты соляной 4%, сульфосалициловой 1%, НТФ - 0,5%. По истечении определенного времени замеряли вес образцов.

Анализ показывает, что при глинисто-карбонатном составе цемента при воздействии кислот с песчаником происходит в основном процесс насыщения, который полностью затушевывает процесс растворения. При этом снижение прочности песчаника происходит за счет его пропитки (эффект Ребиндера). Насыщение образцов раствором карбамида носит несколько иной характер: приросты веса идут почти по линейному закону и заканчиваются в течение 72 часов полной дезагрегацией образцов. Объяснить это можно тем, что глинистые минералы, взаимодействуя с раствором карбамида образует комплексы, разрушающие связи в песчанике.

Для песчаников с карбонатно-глинистым цементом при насыщении его раствором карбамида характер изменения веса образцов протекает аналогично таковому как и при взаимодействии кислот с песчаниками, имеющими глинисто-карбонатный цемент. Такой характер определяется незначительным содержанием глинистых минералов в цементирующем веществе.

Характер изменения веса образцов песчаника при насыщении растворами кислот зависит от скорости взаимодействия с карбонатными соединениями. Так скорость растворения карбонатов раствором соляной кислоты превышает скорость насыщения песчаника влагой, поэтому в первый момент времени наблюдается уменьшение веса образцов. Затем процесс растворения идет на убыль и во взаимодействии начинает преобладать процесс насыщения. Снижение прочности у таких песчаников происходит в основном, как за счет размыва минеральных включений, так и за счет насыщения.

Таким образом, критерием выбора химически активного раствора и его концентрации является произведение концентрации раствора на поверхностную активность этого раствора на ослабляемом песчанике. Чем выше это произведение, тем более эффективен реагент. При этом поверхностная активность раствора должна быть положительна.

Литература

1. Калимов Ю.И. и др. Изменение прочностных свойств горных пород под воздействием химических реагентов. – Уголь, 1979, № 1, с. 10.
2. Горюнов Ю.П. Эффект Ребиндера. – М.: Недра, 1966, с. 126.
3. Щербак Н.И. О влиянии пропитки пород химическими растворами на эффективности проведения выработок. – Уголь Украины, 1983, с.25-27.
4. Дихтяр А.А. и др. Разрушение крепких горных пород применением поверхностно-активных веществ. – В сб.: Механика и разрушение горных пород. – Киев: Наукова думка, 1974, вып.2. –с. 102-104.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗОН ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЗРЫВОВ

Мислибаев И.Т., Гиязов О.М., Тухташев А.Б.

i.mislibaev@nsmi.uz, Навоийский государственный горный институт,
Навои, Республика Узбекистан

Совершенствование существующих и разработка новых способов разрушения прочностных свойств горных пород под действием взрыва вызывают необходимость изучения прочностных свойств горных пород в условиях циклического нагружения.

Усталостное разрушение является результатом поглощения критическим объемом металла предельной для данной кристаллической решетки удельной энергии. Если рассматривать не весь деформируемый объем, участвующий в поглощении энергии, а только объем, ответственный за разрушение, то количество этой энергии в исходном состоянии есть величина постоянная, не зависящая от условий нагружения.

Существующие методы определения размеров зон ослабления прочности сводятся к сравнению трещиноватости породного массива до и после взрыва.

1. Для определения размеров зон ослабления прочности горного массива используют результаты колонкового бурения с отбором керна [1, 2]. Этот метод дает возможность найти размеры зон ослабления как в глубине массива, так и по глубине взрывааемых скважинных зарядов. Недостатком этого метода является использование очень трудоемкого бурения и дополнительных механизмов к ним. Однако этот метод характеризуется наибольшей достоверностью и точностью результатов.

2. Известен способ [3] определения размеров зон ослабления прочности горных пород, который предполагает бурение скважин на различных расстояниях от взрыва и для каждой из них определяют положение точек, в которых начинается обрушение стенок скважин. Однако он требует довольно трудоемких и многочисленных измерений, кроме того, желательно совмещать операции измерения и заряжания скважин взрывчатым веществом.

3. В работах [4] описан способ определения размеров зон ослабления прочности горного массива путем наблюдения за фильтрацией воды в скважине. Для этого в скважины, расположенных на различных расстояниях от взрыва, заливается вода и с помощью поплавка отмечается уровень ее по времени. Недостатком указанного способа является приближенность оконтуривания размеров зон ослабления прочности горного массива.

4. Известен маркшейдерский метод [2-4] определения зоны нарушенности массива горных пород, в котором устанавливаются репера по поверхности уступа на различных расстояниях от взрыва и для каждого из них определяют смещение массива до и после взрыва. Недостатком метода является использование трудоемких маркшейдерских съемок, а также определение размеров зон нарушенности только по поверхности уступа.

5. Размеры зон ослабления горного массива можно установить по изменению скорости бурения [5]. К недостаткам метода относятся приближенное оконтуривание размеров зон ослабления и трудоемкость измерений.

6. Для определения зон ослабления прочности массива применяется сейсмический метод [6], заключающийся в регистрации скорости смещения. Однако этот метод не позволяет определить данные о размерах зон нарушений.

7. Размеры зон ослабления прочности горного массива можно установить акустическим методом [7], который позволяет определить зависимости между скоростью распространения волн до и после взрыва. Недостатком метода является использование сложной аппаратуры для проведения измерений.

8. Известен также ультразвуковой метод [8] определения зоны ослабления прочности горных пород, позволяющий осуществить сквозное ультразвуковое прозвучивание по-

роды, заключенной между двумя параллельными шпурами. Недостатком метода является незначительная по размеру база исследования.

Таким образом, в результате выполненного анализа исследований ослабления прочности горных пород, можно сделать следующие выводы:

1. Отсутствует общая теория усталостного разрушения твердых тел при действии динамических пульсирующих нагрузок как на металлы, так и на горные породы. Вопросы ослабления прочности горных пород при действии динамических пульсирующих нагрузок практически не исследованы.

2. Во всех ранее проведенных исследованиях взрывное воздействие на массив горных пород рассматривалось как вредное явление: уменьшалась производительность буровых станков и увеличивался объем заряжаемых скважин, что отрицательно сказывалось на дробимости горных пород и вело к снижению устойчивости уступов. Поэтому конечной целью проанализированных результатов исследований была разработка мер, снижающих или учитывающих влияние массовых взрывов на параметры БВР.

3. В работах ряда исследователей взрывное воздействие на массив горных пород рассматривается как полезное с позиции усталостного ослабления прочности горных пород, способствующее разрушению массива. Исследовалось усталостное ослабление прочности горных пород отбитого массива при воздействии взрыва с целью повышения дробимости горной массы и улучшения ее технологических характеристик при обогащении пород. При этом для достижения положительного эффекта в значительной мере увеличивалась энергонасыщенность взрываемого массива путем повышения удельного расхода ВВ.

4. Вопросы ослабления прочности горных пород в глубине горного массива при многократном воздействии взрывных волн в отечественной и зарубежной научной литературе не освещены. Отсутствуют исследования зависимостей ослабления прочности массива от количества взрываемых скважинных зарядов ВВ, их диаметра и прочностных свойств породных массивов.

Литература

1. Рубцов В.К. Исследование дробимости горных пород взрывами на карьерах // Дисс. ... докт. техн. наук. – Москва: МГИ, 1971. – 288 с.
2. Черный Г.И. Исследование строения прочностных свойств и устойчивости грунтового массива, деформированного при ведении взрывных работ // Дисс. ... докт. техн. наук. – Киев, 1981. Машинопись.
3. Рубцов В.К. О методике определения нарушения массива скальных пород при взрыве // В сб. «Взрывное дело». – №59/16. – М.: Недра, 1966. – С. 64-70.
4. Кутузов Б.Н. Взрывное и механическое разрушение горных пород. – М.: Недра, 1973. – 312 с.
5. Теоретические и экспериментальные исследования высокоскоростного взаимодействия тел / Под ред. А.В. Герасимова. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2007. – 572 с.
6. Симанов В.Г., Безматерных В.А. О зависимости давления продуктов детонации в скважине от естественной трещиноватости массива // Известия вузов. Горный журнал, 2003. – №3. – С. 63-65.
7. Репин Н.Я., Паначев И.А. К методике определения глубины зоны разрушения массива при взрывных работах. – ФТПРПИ, 1969. – №1. – С. 117-120.
8. Савич А.И., Яценко З.Г. Исследование упругих деформационных свойств горных пород сейсмоакустическими методами. – М.: Недра, 1979. – 214 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Гаврилова В.К.

vict65@rambler.ru, Старооскольский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», СОФ МГРИ-РГГРУ, Старый Оскол, Россия

Открытые горные работы на Лебединском месторождении ведутся с 1956 года. Вскрытие Лебединского месторождения осуществляется двумя групповыми внешними железнодорожными траншеями смешанного заложения с 7-ю ж/д путями и руководящим уклоном 40° отметок +45 и +80 м, по которым руда вывозится на ОФ, а вскрышные породы на внешние отвалы. План и профиль автомобильных дорог, находящихся внутри карьера, соответствует требованиям. Дороги выполнены на скальном основании и покрыты щебенкой, ширина дорог 10-18 м. Проезжая часть дороги ограждена валом высотой 1,5 м, средний уклон дорог – 80° .

В настоящее время система разработки на Лебединском карьере углубочная двух-бортовая с перемещением пород на внешние отвалы и перемещением фронта добычных и вскрышных работ преимущественно от центра. В соответствии с принятой системой разработки и транспортом, с учетом безопасного ведения БВР ширина рабочей площадки уступа должна быть не менее 50 м. Углы откосов уступов – 70° - 80° . Высота уступов для экскаватора ЭКГ-10 составляет – 15 м.

Принятая система разработки четко определяет порядок выполнения комплекса вскрышных и добычных работ, обеспечивающих для месторождения безопасную, экономичную и полную выемку кондиционных запасов полезного ископаемого. Элементы системы разработки приняты с учетом безопасности работ, залегания месторождения, физико-механических свойств горных пород и типа горно-транспортного оборудования.

Отработка железистых кварцитов производится как продольными заходками, так и вкрест простирания, в зависимости от горно-геологических условий в пределах уступа и развала. Добыча железистых кварцитов, разработки скальных вскрышных пород, мелов производится с предварительным рыхлением буровзрывным способом.

На Лебединском карьере вскрышные породы и железистые кварциты бурят станками шарошечного бурения типа СБШ-250 МН. Бурение, особенно глубокое — достаточно сложное производство, требующее применения специальных технических средств, которые в комплексе именуют буровой установкой. В карьере применяют буровзрывной способ подготовки скальной вскрыши к выемке. Данные параметры БВР обеспечивают выход куска со средним диаметром 0,3-0,5 метра. Дальше поступает на дробильно-сортировочную фабрику и проходит стадии дробления на щековой и конусных дробилках.

Для сопоставления горных пород по буримости относительный показатель трудности бурения породы P_b (по акад. В.В. Ржевскому) рекомендуется принимать исходя из выражения:

Определяем показатель трудности бурения P_b

$$P_b = 0,07 * (\sigma_{сж} + \sigma_{сдв}) + 0,7 * \gamma ,$$

$\sigma_{сж} = 150 \text{ МПа}$ – предел прочности пород на сжатие,

$\sigma_{сдв} = 30 \text{ МПа}$ – предел прочности пород на сдвиг,

$\gamma = 3,2 \text{ т/м}^3$ – плотность буримой породы,

$$P_b = 0,07 * (150 + 30) + 0,7 * 3,2 = 14,89.$$

Горные породы в соответствии с величиной P_b относятся к III классу – труднобуримые ($P_b = 10,1 \div 15$).

Учитывая, величину показателя буримости пород $P_6=14,89$ и коэффициент крепости породы $f=10$ (по М.М. Протодяконову) выбираем шарошечный способ бурения и станок СБШ-250МН с диаметром долота 250 мм.

Станки СБШ шарошечного бурения предназначены для бурения вертикальных и наклонных скважин диаметром 215-320 мм с коэффициентом крепости пород $f = 6-18$ и с показателем $P_6 = 6\div 17$. Режим шарошечного бурения характеризуется определенным сочетанием осевого давления, скорости вращения долота и количества воздуха, подаваемого в скважину для очистки ее забоя от продуктов разрушения.

Основными факторами, влияющими на выбор рациональных режимов шарошечного бурения скважин, являются скорость бурения и стойкость шарошечных долот. Эти факторы особенно важны при разработке крепких пород, так как в этом случае стоимость и стойкость долот являются определяющими в выборе режима бурения. Определяем параметры режима бурения (удельное осевое давление, частота вращения бурового инструмента и скорость бурения).

$$P_{OC} = 10^{-3} * K * \sigma_{СЖ} * D, кН$$

$D = 244,5$ мм – диаметр долота,

$K=7$ – коэффициент, зависящий от размеров долота,

$$P_{OC} = 10^{-3} * 7 * 150 * 244.5 = 256 кН.$$

$n_6 = 2,5 c^{-1}$ – частоту вращения бурового станка принимаем из технических характеристик станка.

Скорость бурения шарошечного станка можно определить по формуле

$$v = 5 * 10^{-6} * P_{OC} * n_{BP} * (P_6 * D^2)^{-1} м/с,$$

$$v = 5 * 10^{-6} * 256 * 2 * (14,89 * 0,2445^2)^{-1} = 0,00287 м/с,$$

$$v = 0,00287 м/с = 10,332 м/ч.$$

В процессе бурения должен осуществляться маркшейдерский контроль за соблюдением параметров буровых работ согласно техническому проекту отработки блока.

Буровзрывные работы, в настоящее время, остаются основным способом подготовки крепких горных пород к последующей разработке. Несмотря на множество недостатков данного способа эффективной альтернативы ему до сих пор не существует.

Литература

1. Квагинидзе В.С., Козовой Г.И., Чакветадзе Ф.А., Антонов Ю.А., Корецкий В.Б. Буровые станки на карьерах. Конструкции, эксплуатация, расчёт Горная книга, Москва, -2012, 291с.
2. Проектирование буровых инструментов для открытых горных, земляных и строительных работ: монография / В. Д. Буткин, А. В. Гилев, С. В. Доронин и др. М.: МАКСПресс, 2003 – 240 с.
3. Бритарев В.А., Замышляев В.Ф. Горные машины и комплексы Издание: Недра, Москва, 1984, 288 с.
4. Месторождения полезных ископаемых: Учебник для вузов / В.А. Ермолов, Г.Б. Попова, В.В. Моисейкин и др.; Под ред. В.А. Ермолова М.: Издательство МГГУ, 2001. – 570 с.
5. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ: Учебное пособие. В 2 т. Т. 1. – 4-е изд., стер. – М.: Издательство МГГУ, 2001. – 422 с.
6. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ: Учебное пособие. В 2 т. Т. 2. – 4-е изд., стер. – М.: Издательство МГГУ, 2001. – 332 с.

РУДОДОБЫТЧИКИ – ОДИНОЧКИ В ДОРЕВОЛЮЦИОННОМ УРАЛЕ

Шакуров Р.К.

rushan-nur@mail.ru, ООО «НефтеГазМашСервис-Запад», Уфа, Россия

Аннотация: В работе приводятся данные о глубоких шурфах-шахтах дореволюционного периода, дается объяснение для чего они служили, почему их копали рудодобытчики-одиночки. Объясняется, почему добыча таким методом производилась в зимнее время года.

Ключевые слова: шахта, рудное тело, карьер, шурф, промерзание грунта, «колодезный метод».

Добыча полезных ископаемых дело сложное и зачастую опасное. Существует три способа добычи полезных ископаемых – открытый, или карьерный, когда тело полезного ископаемого залегает неглубоко (близ поверхности Земли) и его мощность достаточно велика. Второй способ – добыча при помощи штолен – пологих наклонных выработок, по которым добытая руда доставляется на поверхность. Штольни применяются при неглубоком залегании полезных ископаемых, небольшой мощности и крутопадающих склонов, при которых обустройство карьера экономически невыгодно. Наконец, третий способ – шахтный. Шахта – это вертикальная или наклонная скважина, пробитая в толще земных пород от поверхности к рудному пласту. Глубина шахты колеблется в широких пределах – от сотен метров до нескольких километров. Наиболее глубокие в мире шахты расположены в Южной Африке и Индии, их глубина доходит до 4-х и более километров.

По нашим представлениям, существовал еще и четвертый способ добычи полезных ископаемых, назовем колодезным. Этот способ применялся, по нашему мнению, на Приуралье, Урале и Зауралье до начала XX века. Применялся в случае, если глубина залегания рудного тела была неглубокой, небольшой мощности и площади распространения рудного тела. То есть, говоря современным языком, забалансовые рудо- и нефтепроявления которые в тот период развития техники и технологии переработки экономически было нецелесообразно производить добычу руды.

Издredка в лесу или открытом поле геологи, лесники и грибники натываются на глубокие шурфы с глубиной до 100 метров. Большинство их заросло травой, кустарниками, заполнены водой или остатками подгнивших стволов деревьев, засыпаны глиной, почвой, щебнем или другим «подручным» материалом. По устному сообщению И.М. Юлбарисова (государственный и общественный деятель, меценат, радатель за восстановление и увековечение неизвестных страниц истории башкирского народа) на одной из бесед рассказал, что в бытность его студентом Московского государственного университета один из известных профессоров данного ВУЗа Горшков Г.П. рассказал, что он видел на территории Южного Урала «странные» шурфы круглого сечения и глубокие - до 100 метров, чем обычные геологосъемочные шурфы. Они расположены не в тех местах, где заложили бы геологосъемщики (где обычно закладывают в период производства геологической съемки территории). Аналогичные шурфы-шахты тоже круглого сечения и меньшей глубины копали в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, в частности, в районе бывшего пос. Рудник недалеко от бывшего поселка Новая Москва в Альшеевском районе. Об этом рассказывал мой дед – Габдрахман Шакуров. Добытую таким способом зимой руду они на санях возили на Усень-Ивановский медеплавильный завод как сырье на медь и продавали заводу. На вырученные деньги, на рынке города Белебей, он покупал нужные в семье и хозяйстве вещи и инструменты. Полученные таким образом деньги служили ощутимой прибавкой к семейному бюджету крестьянина.

Местное население Южного Урала, Зауралья и Приуралья дореволюционного периода занималось добычей полезных ископаемых стихийно, частным путем, без привлечения какой-либо техники. Этими работами занимались не специальные люди, а местные крестьяне в свободное от основной деятельности время. А свободного времени у них зимой было

предостаточно, когда основные сельскохозяйственные работы завершены. Таким образом, данную деятельность рудознатцы проводили в зимнее время и копали в основном, в одиночку. Почему в зимнее время и почему эти работы производили, в основном, в одиночку? Ниже приводим наши рассуждения, которые, по нашим представлениям, проливают свет на эти вопросы.

- Во-первых, в зимнее время верхний слой (почвенный) земли на территории рассматриваемого края промерзает в среднем до глубины 180-200 сантиметров. А для углубления в недра Земли необходимо провести работы по укреплению стенок шурфа от высыпания почвы и провала грунта приповерхностной части. Вследствие промерзания почвы и приповерхностной части грунта (чтобы не происходило обрушения верхних стенок колодца). Таким образом, нет необходимости строить дополнительные защитные крепёжные сооружения в виде подпорок или закреплений стен каким-то другим способом.

- Во-вторых, человек, принимающий выработанный грунт, без дела стоит и ожидает очередной объем руды. Т.е. он будет стоять без пользы и мерзнуть, пока следующая емкость внизу не заполнится рудой. «Горняк» сам может поднять заполненную емкость с рудой путем нехитрых приспособлений (на «тройнике») – включая своеобразный самодельный полиспаст для подъема полученной руды. Очень важен и такой момент – внизу шурфа вдвоем работать невозможно – просто тесно.

- В-третьих, важна экономическая сторона данного процесса. Зачем держать еще одного работника, а затем с ним делиться полученной рудой («добычей»)? Ведь основную работу выполняет сам «горняк-копатель».

- В-четвертых, в зимнее время в сельской местности у крестьян работы меньше, т.е. они относительно свободны по сравнению с теплым временем года.

- В-пятых, самое главное - занимаясь данной работой работник приносил дополнительный доход семье. Сдав руду в обогатительное предприятие, он получал «живые» деньги, так необходимые в крестьянской семье, особенно, если семья была большая.

- Немаловажным было и то – за пользование недрами «рудокопатели» никаких налогов не платили, получали доход чистым. Да и чиновники в зимнюю стужу не ездили по заснеженным полям и лесам с целью проверки состояния недр.

- Шурфы имели круглое сечение и большую глубину, чем обычные шурфы. Круглое сечение шурфа более надежное, устойчивое к напряжениям и «плывунам», которые в горном массиве проявляются часто.

Исходя из вышеизложенного, напрашивается вывод. Простая на первый взгляд, работа копателей рудознатцев носит (включает) в себе весь комплекс направлений деятельности: геологический, экономический, технологический, климатический и финансовый.

«Колодцевым» методом рудознатцы-копатели добывали, в основном, руду на медь, частично бурый уголь (Альшеевский р-н, в районе дер. Сараево). Таким же образом могли добывать и нефть в районе нынешнего Ишимбая. Хотя на сегодняшний день мы не имеем таких данных. Вполне могли в нефтеносных толщах выкопать колодец в зимнее время, а летом нефтяные капли будут выдавливаться из (нефтяного пласта) стенок колодца (давление внутрипластовое в колодце меньше, чем в окружающих стенках) и собираться в этом колодце.

Литература

1. История науки и техники/Н.Я. Надеждин.- Ростов н/Д: Феникс. 2006. – 621 с.
2. Политехнический словарь / Гл. редактор А.Ю. Ишлинский и др.– 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ГРАФИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Рахаткулов Д.Х., Выстричил М.Г., Науменко Д.А.

spb_130207@mail.ru, kmd@spmi.ru,

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

В работе рассмотрен модифицированный метод моделирования с применением метода полюсов для автоматизированного построения сечения подземной горной выработки. Приведены способ съемки по восьми структурными линиями и разработанная программное приложение для построения сечений, сравнения проекта с фактическими результатами в соответствии с государственными стандартами.

Универсальные программы для решения горнотехнических задач, такие как Datamine, Surpac, Gemcom, Mineframe и т.д., используют в основном две стратегии моделирования выработок:

1. Подход, основанный на применении множества параллельных сечений выработки. Этот подход получил распространение очень давно, более 20 лет назад в ПО «Datamine» он был основным при моделировании любых выработок, а сечения было принято называть «стрингами» (strings).

2. Подход, основанный на триангуляционных сетках, которые получил широкое распространение при использовании лазерных сканирующих систем (ЛСС). Так в 1993 году канадская компания Ortech разработала маркшейдерский сканер SMS для горных предприятий ИНКО и Фалкомбридж. Для моделирования выработок была разработана специальная программа для фильтрации помех лазерных данных и моделирования снимаемой выработки в виде триангуляционной сетки. С тех пор, этот подход активно развивался по мере развития ЛСС.

Несмотря на широкое развитие технических и программных средств лазерного сканирования, первый и более «древний» подход не потерял своей актуальности [2]. Это наиболее очевидно на примере маркшейдерской съемки транспортных и подготовительных выработок. По мнению практикующих маркшейдеров, их съемку эффективнее выполнять электронным тахеометром, чем лазерным сканером. Применения такого подхода показала его более высокую производительность при достаточной точности, в сравнении с лазерным сканированием. Здесь, каждый участковый маркшейдер самостоятельно и своим тахеометром выполняет съемку транспортных и подготовительных выработок на своем участке, и несет полную ответственность за ее результаты. А бригада лазерного сканирования имеет возможность не отвлекаться на транспортные и подготовительные выработки, и расходовать дорогой ресурс лидара (который имеет эмиссию излучателя) только там, где это оправдано, а точнее на съемке очистных выработок.

Камеральные работы моделирования транспортных и подготовительных выработок по сечениям (структурными линиями), существенно проще чем сканирования, и не связаны с обработкой большого объема информации, ориентированием сканов. И это аргументируется следующими особенностями:

- Небольшая скорость проходки, между циклами маркшейдерских замеров (10-15 метров).
- Небольшие сечения выработок, в сравнении с их протяженностью.
- Проектное сечение выработки имеет типовые форму и размеры.
- Ориентирование электронного тахеометра требует существенно меньших затрат по его ориентированию в пространственной системе координат горных выработок.
- Существенное значение играют масса и габариты технических средств для съемки.

В целом, затраты по времени на тахеометрическую съемку цикла горнопроходческих работ (10-15 метров) могут быть в 2-3 раза меньше затрат по времени, чем съемка этого участка лазерным сканером (с учетом его ориентирования) [1]. Разновидностью тахеометрической съемки является съемка горной выработки по восьми структурным линиям (1-

я структурная линия - точки по центру кровли, 2,3 структурные линии - точки по контакту кровли и бортов справа и слева от оси выработки, 4,5 структурные линии - точки по бортам выработки, 6-я структурная линия - точки по центру почвы выработки и 7,8 структурные линии - точки по контакту почвы и бортов выработки слева и справа от оси). Этот вид тахеометрической съемки разработан и внедрен у себя маркшейдерской службой золоторудного предприятия ООО «Майское» (Полиметалл) [3].

Для сглаживания, рекомендуется теория полюсов, которая является нелинейным (кубическим) методом интерполяции. Понятие полюса было введено в 1958 г., однако его применение для интерполяции и других приложений, связанных с сохранением непрерывности восстанавливаемых функций, относится к 1981 г. [4,5].

Нами предложен модифицированный метод построения сечений, где используется модификация метода полюсов для сглаживания свода выработки и метод горизонтирования почвы выработки так называемые «плинтуса». В целом, его применение позволяет получать качественные и оптимальные по плотности модели транспортных и подготовительных выработок.

Предложенный метод автоматизированного графического построение подземных горных выработок:

- реализован в виде программы и полностью автоматизирует камеральную обработку и составление необходимой отчетной документации и получены практические результаты;

- получены зависимости между съемками одной выработки лазерным сканером и электронным тахеометром по 8-ми структурным линиям;

- получены зависимости между ошибками определения площади сечения сплайновым методом и методом полюсов

- полностью учитывает особенности традиционной тахеометрической съемки.

Имея проектную ось выработки и восемь линии кривых по данным тахеометрической съемки с помощью данного программного приложения можно автоматически построить сечение выработки и сравнить расхождение проектной оси выработки от фактической оси, а также расхождение проектного сечения от фактического. Также имеется возможность настраивать режимы графического построения и отчетности в соответствии с государственным стандартом горно-графической документации.

Литература

1. Гусев, В.Н. Методы оценки состояния гидротехнических тоннелей по данным лазерно-сканирующей съемки (научная статья) / Гусев В.Н., Волохов Е.М., Голованов В.А., Иванов И.П., Васильев М.Ю., Носов В.К. / Записки Горного института, том 190, СПб, 2011. С. 267-273.

2. Гусев, В.Н. Основы наземной лазерно-сканирующей съемки: Учеб. пособие / В.Н.Гусев, А.И. Науменко, Е.М. Волохов, В.А. Голованов. – СПб.:Санкт-Петербург. гос. горн. ин-т., 2007. – 86 с.

3. Рахаткулов, Д.Х. Моделирование транспортных и подготовительных выработок по результатам маркшейдерских съемок (научная статья) / Рахаткулов Д.Х., Науменко Д.А. / Маркшейдерский вестник, Москва 2016. – №4. – С.26-28.

4. Чернова, Л.И. Обработка геопространственной информации при цифровом моделировании топографических: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Чернова Лидия Ивановна. – Иркутск, 2006. – 123 с.

5. Шенен, П. Математика и САПР: в 2-х кн. Кн. 1. Пер. с франц./ П. Шенен, М. Коснар, И. Гардан, Ф. Робер, И. Робер, П. Витомски, П. Кастелжо. -М.: Мир, 1988. – 204 с

S-VIII

**СЕКЦИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ,
КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ РОССЫПНЫХ
И МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭЖЕКТОРНОГО ПОДЪЕМА С МОРСКИХ ГЛУБИН

Дробаденко В.П., Луконина О.А.

drobadenko@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Аналитическое обоснование процессов водоструйного насоса с использованием теории смешения турбулентных струй, учитывающие основные факторы, различными авторами производится с использованием законов – уравнения неразрывности, сохранения количества движения, и сохранения энергии с учетом потерь напора.

Важной особенностью работы водоструйного насоса является то, что на его напорно-расходную характеристику непосредственно влияют геометрические размеры, потери энергии при смешении потоков, другие виды потерь в пределах рабочего, всасывающего и отводящих коммуникаций эжектора; высота всасывания при его работе в безкавитационной зоне влияют незначительно.

Уравнение энергетического баланса сил при гидроподъеме водоструйного насоса с длинной всасывающей трубой с учетом потерь напора (энергии) включает: поддержание твердого во взвешенном состоянии в линии всасывания; трение двухфазной смеси; переподъем гидросмеси от уровня воды; местные сопротивления и составляет:

$$h_0 \frac{\rho_1}{\rho_0} + h_1 \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_0} + \sum \Delta h_{\text{сопр}} = H_{\text{ат}} - h_{\text{н.п.}} \quad (1)$$

где $\sum \Delta h_{\text{сопр}}$ – суммарные потери на трение и местные сопротивления во всасывающей линии, м;

h_1 – величина погружения всасывающего трубопровода, м;

h_0 – величина переподъема пульпы во всасывающем трубопроводе, м;

ρ_0, ρ_1 – соответственно, плотность воды и гидросмеси, кг/м³;

$H_{\text{ат}}$ – атмосферный напор, м;

$h_{\text{н.п.}}$ – напор насыщенных паров воды, м.

Суммарные потери напора на трение и местные сопротивления соответствуют

$$\sum \Delta h_{\text{сопр}} = \left(1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{экр}} + \xi_{\text{кон}} + \lambda \frac{h_0 + h_1}{D_{\text{в1}}} \right) \left(\frac{Q_1}{w_1} \right) \frac{1}{2g} \quad (2)$$

где $\xi_{\text{вх}}, \xi_{\text{экр}}, \xi_{\text{кон}}$ – соответственно, коэффициенты потерь при входе, при экранировании плоскости всасывания и конфузора;

λ – коэффициент гидравлического сопротивления всасывающего трубопровода;

$D_{\text{в1}}$ – диаметр всасывающего трубопровода (рис. 1), м;

Q_1 – производительность по всасыванию (эжектированию), м³/с ;

w_1 – площадь поперечного сечения всасывающего трубопровода, м².

Известно, что наивысшее КПД водоструйного аппарата соответствует предкавитационному режиму его работы.

Для такого режима эксплуатации водоструйного аппарата производительность по эжектированию равна:

$$Q_1 = (w_1 - w_0) \sqrt{2g \cdot (H_{\text{ат}} - h_{\text{н.п.}} - \sum \Delta h_{\text{сопр}})} \quad (3)$$

Используя уравнения (2), (3), получим значение допустимой плотности гидросмеси в линии всасывания при использовании водоструйного аппарата.

$$\rho_1 = \frac{H_{\text{ат}} - h_{\text{н.п.}} - \sum \Delta h_{\text{сопр}} + h_1}{h_0 + h_1} \quad (4)$$

Управление равновесия линии нагнетания водоструйного подъема, имеет вид:

$$H_2 \frac{\rho_n}{\rho_0} + \left(\lambda'_{\text{тр}} \frac{H_2}{D_3} + \xi_{\text{вых}} + \xi_{\text{м}} \right) \cdot \left(\frac{Q_1 + Q_0}{w_3} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} = \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{2m^2} \right) H_0 \quad (5)$$

где $\lambda'_{\text{тр}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления нагнетательного трубопровода;
 $\xi_{\text{вых}}, \xi_{\text{м}}$ – коэффициент сопротивления на выход из трубы и местные сопротивления;
 D_3 – диаметр нагнетательного трубопровода, м;
 w_3 – площадь поперечного сечения нагнетательного трубопровода, м²;
 Q_0 – расход воды, истекающей из рабочей насадки, м³/с;
 H_2, H_0 – соответственно высота подъема и напор на рабочей насадке, м;
 m – основной геометрический параметр водоструйного аппарата
 $(m = \frac{D_2^2}{d_0^2}, D_2, d_0$ – диаметр камеры смешения и рабочей насадки).

Исходя из уравнения (5), допускается плотность гидросмеси в линии нагнетания на изливе равна:

$$\rho_n = \frac{\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{2m^2} \right) H_0 - \left(\lambda'_{\text{тр}} \frac{H_2}{D_3} + \xi_{\text{вых}} + \xi_{\text{м}} \right) \cdot \left(\frac{Q_1 + Q_0}{w_3} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g}}{H_2} \rho_0 \quad (5)$$

Таким образом, на основании приведенного аналитического обоснования можно провести сравнительный анализ эксплуатационных возможностей морских добычных водоструйных установок с учетом:

- используемого типа эжекторов (кольцевых или центральных) при выборе наиболее благоприятных условий их эксплуатации (на предельных глубинах – до 150м и максимально возможной производительности по твердым донным отложениям – до 200 м³/ч;
- заданных необходимых условий эксплуатации:
 - 1) глубины разработки;
 - 2) производительности, как по гидросмеси на изливе, так и по твердому с учетом условий всасывания гидросмеси с заданной консистенцией;
- габаритных размеров эжекторного аппарата (общий диаметр пульповода, диаметр рабочей насадки и камеры смешения, диаметр всасывающей линии);
- допустимой плотности гидросмеси при всасывании и при изливе;
- общей энергоемкости процесса добычи.

В результате аналитических расчетов были установлены технологические параметры для эффективного использования эжекторного подъема магнетитовых песков прибрежно-морских россыпей при работе двух добычных гидроэлеваторных снарядов, расположенных по бортам плавсредства, производительностью 300 т/час для средневзвешенного диаметра твердого и объемной плотности $\rho_t=3000$ кг/м³.

До глубины 10м диаметры соответственно составляли: выданного трубопровода 273 (249) мм всасывающего отверстия $D_{\text{вс}}=70$ мм, насадки для гидровзвешивания $d_i=30,6$ мм. Необходимы два водяных насоса с подачей $Q_0=360$ м³/час и давлением $H=61$ м.вод.ст. Удельная энергоемкость технологического процесса составляет $q=0,37$ квт/т.

При глубине подъема $H=30$ м получены следующие технические характеристики: $D=273$ (249) мм, $D_{\text{вс}}=50$, $s\Pi=32,4$ мм, два водяных насоса с подачей $Q_0=300$ м³/час и давлением $H=170$ м.вод.ст., удельная энергоемкость $q=0,37$ квт/т.

При подъеме $H=50$ м: $D=273$ (249) мм, $D_{\text{вс}}=42$, $s\Pi=21$ мм, с общим давлением двух водяных насосов $H=277$ м.вод.ст. при $q=1,66$ квт/т.

БАКТЕРИАЛЬНО-ХИМИЧЕСКОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ МЕТАЛЛОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Берсенева О.А.

berseneva-oksana@rambler.ru, ФГБОУВПО ИГУ, Иркутск, Россия

В настоящее время одной из ключевых глобальных экологических проблем является истощение природных минеральных ресурсов. Одним из подходов к решению этой проблемы является применение метода бактериально-химического выщелачивания металлов (биовыщелачивания). Благодаря технологии бактериального выщелачивания появляется возможность извлечения из бедных руд, отходов горнодобывающих и металлургических производств ценных компонентов (различных металлов) [1, 2, 6].

Основными преимуществами технологии биовыщелачивания по сравнению спирометаллургической технологией является возможность использования бедных труднообогатимых руд, техногенных отвалов, отходов горнодобывающих, металлургических предприятий, что позволяет снизить себестоимость получения ценных полезных ископаемых, а также экологическая безопасность данного производства [1, 2, 4, 5].

В основе биогеотехнологии выщелачивания металлов лежит процесс окисления минералов и перевод тяжелых металлов из нерастворимого в растворимое состояние. Этот процесс осуществляется преимущественно за счет ферментных систем ацидофильных микроорганизмов [3, 4, 5]. На сегодняшний день известно около 30 культур бактерий, способных участвовать в биовыщелачивании минеральных продуктов [3, 4, 5]. Наиболее изученными микроорганизмами и активно применяющимися на практике бактериального выщелачивания металлов являются представители рода *Acidithiobacillus*, способные окислять тяжелые металлы из сульфидных руд [3].

Целью данной работы являлось: изучение железоокисляющей способности хемолитотрофных микроорганизмов в процессе биологического окисления ионов закисного железа.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Отбор образцов окисленной угольной руды;
2. Получение накопительной культуры хемолитотрофных микроорганизмов;
3. Определение биологической активности хемолитотрофных микроорганизмов;
4. Изучение железоокисляющей способности хемолитотрофных микроорганизмов в процессе биологического окисления ионов закисного железа;
5. Изучение железоокисляющей способности в процессе биологического окисления в средах Сильвермана-Лундгрена, Ваксмана, с добавлением и без добавления железа, с содержанием руды в качестве источника железа.

С целью изучения бактериально-химических процессов и определения возможности применения ассоциаций хемолитотрофных микроорганизмов для извлечения железа из окисленной угольной руды, объектами исследования явились образцы окисленной угольной руды и автохтонная микробная ассоциация угольного месторождения Черемховский (Иркутская область), выделенная из образцов окисленной руды разреза «Черемховский».

Изучение динамики окисления субстрата и биологической активности осуществляли в периодическом режиме в лабораторных условиях в пробирках, в ходе процесса окисления ионов двухвалентного железа при начальной концентрации 0,1 г/л. В процессе окисления ионов Fe^{2+} рН среды находилась в диапазоне 1,8.

Определение количества железа (II) проводили фотометрическим методом, основанным на взаимодействии железа (II) с сульфосалициловой кислотой. Оптическую плотность смеси измеряли на спектрофотометре NanoPhotometer P330, Implen при 510 нм в нанокювете шириной 10 мм. Определение вели по значениям стандартной кривой, которую строили в тех же условиях, используя навеску железо-аммиачных квасцов с 0,1-1 мкг/мл железа (II) в растворе.

рН культуральной жидкости определяли потенциометрическим методом с использованием комбинированного электрода ЭСП – 10603 на рН-метре-ионометре «Эксперт – 001».

В процессе накопления микробных культур, в течение месяца, из исследуемых образцов угольной руды разреза «Черемховский» были выделены различные представители микробной ассоциации. На основании результатов идентификации выяснено, что в окислительных процессах, происходящих в зоне складирования угольных отвалов разреза «Черемховский» принимают активное участие смешанные ассоциации микроорганизмов, включающие рода *Acidithiobacillus* виды *A. ferroxidans* (штамм I.1), *A. thiooxidans* (штамм I.2).

Исследование экофизиологии и бактериальных штаммов, показало, что выделенные штаммы являются аэробами. Температура для роста изучаемых микроорганизмов находится в диапазоне 25-40 °С для штамма I.1 и 25-37 °С для штамма I.2. Выделенные штаммы проявляют биологическую активность (способность окислять железо) при pH 1,8-7,0 (штамм I.1) и 2,0-4,0 (штамм I.2).

Самая высокая окисляющая способность в среде Сильвермана-Люндгрена выявлена при pH 2,0 (1,04 г/л) и pH 3,0 (1,08 г/л) соответственно, а в среде Ваксмана при pH 2,0 (0,45 г/л) и pH 4 (0,30 г/л).

Изучение динамики окисления субстрата позволило установить, самая высокая окисляющая способность выявлена в среде Сильвермана-Люндгрена, но на выделение железа затрачивается больше времени, чем в среде Ваксмана. Среда Ваксмана проявляет низкую окисляющую способность, но выделение железа происходит быстрее. Повышение концентрации Fe^{3+} в растворе начинается с 4 по 15 сутки культивирования, и возрастает от начальной концентрации 1 г/л на 15 сутки в среде Сильвермана в 7 раз, а в среде Ваксмана в 5 раз на 8 сутки культивирования.

Изучена железooksисляющая способность в процессе биологического окисления в средах Сильвермана-Люндгрена, Ваксмана с добавлением и без добавления железа и с содержанием руды в качестве источника железа. Самая высокая окисляющая способность (1,39 г/л) выявлена в среде Сильвермана-Люндгрена с содержанием руды в качестве источника железа. Самая низкая окисляющая способность (0,09 г/л) в среде Ваксмана, не содержащей руду и железо.

Таким образом, полученные данные по определению условий жизнедеятельности хемолитотрофной микробной ассоциации и интенсивности окисления железа можно использовать для извлечения железа из сульфидных руд.

Литература

1. Берсенева О.А. Бактериально-химическое окисление металлов (биовыщелачивание) – экологически чистое будущее металлургии / О.А. Берсенева // Ежемесячный научный журнал. Евразийский союз ученых. № 4.2014. – с. 26.
2. Berseneva O.A. Bacterial and chemical leaching of metals – the key to the available mineral resources / O.A. Berseneva // People. Science. Innovations in the new millennium. Proceeding of the International youth scientific conference. – Moscow, 2015. – P. 374-378.
3. Каравайко Г.И. Литотрофные микроорганизмы окислительных циклов серы и железа / Г.И. Каравайко, Г.А. Дубинина, Т.Ф. Кондратьева // Микробиология. – 2006. – Т. 15. – № 5. – с. 593-629.
4. Brierley C.L. Bacterial succession in bioheap leaching / C.L. Brierley // Hydrometallurgy. – 2001. – V. 59. – P. 249-255.
5. Ehrlich H.L. Past, present and future of biohydrometallurgy / H.L. Ehrlich // Hydrometallurgy. – 2001. – V. 59. – № 2-3. – P. 35-46.
6. Acid mine drainage biogeochemistry at Iron Mountain, California. / G. K. Druschel, B. J. Baker, T. M. Gihring, J. F. Banfield // Geochemical transactions. – 2004. – Vol. 5. – No. 2. – P. 13-32.

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ. НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Бутов И.И., Дробаденко В.П.

butovii@mail.ru, ООО «ИНТЕР-ЭНЕРГО», Москва, Россия;
drobadenko@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Горно-металлургический сектор, сектор добычи угля и других полезных ископаемых никогда не сталкивался с таким количеством нормативных требований, как сегодня. Ужесточение нормативной правовой среды в области охраны окружающей среды, увеличение платы за природопользование и штрафов за загрязнение окружающей среды выбросами в атмосферу, сбросами в водные объекты, за образование отходов производства и потребления привело к нарастающему системному кризису управления ресурсными активами, резкому повышению себестоимости, повышению цены товарной продукции. Увеличение соответствующих издержек производства возлагается на потребителя.

Окружающая природная среда – национальное достояние. Стоит вопрос, что важнее для гражданина, общества – экологическое благополучие или экономическое процветание? В современной реальности общество наблюдает и испытывает на себе разрушение и деградацию окружающей природной среды. Качество жизни настоящего и будущего поколений России под угрозой. Расходы на экологию снижают прибыль бизнеса. Добровольно бизнес не пойдет на снижение прибыли, отождествляя расходы на экологию с благотворительностью. Социальная ответственность бизнеса – сложный вопрос, который затрагивает весь спектр социальных отношений. Государство приняло решение задействовать правовые механизмы и экономические стимулы для понуждения разработки и использования бизнесом экологически чистых технологий и производств. Необходимо отметить, что в индустриальных развитых странах давно установлены существенные штрафы, жесткий государственный надзор и контроль в области природопользования, неотвратимость возмещения вреда за загрязнение окружающей среды, придание гласности неправомерным действиям, в том числе неизбежность лишения «социальной лицензии».

Федеральным законом от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ (ред. от 29.12.2014 г.) «О внесении изменений в Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» внесены существенные изменения, часть из которых вступили в действие с 01.01.2015 г., а к 01.01.2020 г. изменения окончательно сформируют новый подход к нормативам платы за негативное воздействие на окружающую среду и штрафов, пени за загрязнение окружающей среды. Важно отметить, что в соответствии с требованиями п.3 ст. 78 Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» «...иски о компенсации вреда окружающей среде, причиненного нарушением законодательства в области охраны окружающей среды, могут быть предъявлены в течение двадцати лет».

В настоящее время перед специалистами горнопромышленного сообщества России стоит глобальная задача реорганизации недропользования с учетом более рационального, комплексного освоения месторождений полезных ископаемых, охраны недр и охраны окружающей среды в соответствии с требованиями Федеральных законов РФ. Принимаемые проектные (инженерные) решения не могут ограничиваться только предупреждением и ликвидацией последствий вредного воздействия на окружающую природную среду, вызванного в процессе добычи и обогащения полезных ископаемых в результате использования традиционных технологий.

Хозяйственная деятельность, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться, в том числе, на основе принципа обеспечения снижения негативного воздействия, которого можно достигнуть на основе использования наилучших доступных технологий (далее – НДТ) с учетом экономических, социальных факторов, основанных, прежде всего, на экологической целесообразности и безопасности. Необходимо

включать в экономический оборот принципиально новые технологические системы, ранее или вообще неизвестные. Применение НДТ направлено на комплексное предотвращение и (или) минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. В соответствии с требованиями п. 5 ст. 16.3 Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7 – ФЗ «Об охране окружающей среды» «...в целях стимулирования юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную и (или) иную деятельность, к проведению мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и внедрению НДТ при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду к ставкам такой платы применяются, в том числе, коэффициент 0 – за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах технологических нормативов после внедрения НДТ на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду.

В соответствии с требованиями ст. 17 Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» государственная поддержка хозяйственной и (или) иной деятельности в целях охраны окружающей среды может осуществляться по следующим направлениям: содействие в осуществлении инвестиционной деятельности, направленной на внедрение НДТ и реализацию иных мер по снижению негативного воздействия на окружающую среду; содействие в осуществлении образовательной деятельности в области охраны окружающей среды и оказании информационной поддержки мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду; содействие в осуществлении использования возобновляемых источников энергии, вторичных ресурсов, разработке новых методов контроля за загрязнением окружающей среды и реализацией иных эффективных мер по охране окружающей среды в соответствии с законодательством Российской Федерации. Государственная поддержка деятельности по внедрению НДТ и иных мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду может осуществляться посредством: предоставления налоговых льгот в порядке, установленном законодательством Российской Федерации о налогах и сборах; предоставления льгот в отношении платы за негативное воздействие на окружающую среду в порядке, установленном настоящим Федеральным законом и принимаемыми в соответствии с ним нормативными правовыми актами Российской Федерации; выделения средств федерального бюджета и бюджетов субъектов Российской Федерации в соответствии с бюджетным законодательством Российской Федерации.

Государственная политика направлена на неизбежность экологизации экономики, правового, общественного и государственного аспектов жизни. Благополучие и качество жизни общества определяются не только и не столько экономическими, сколько экологическими показателями. Приоритетной задачей является увеличение ресурсов и расширение круга источников финансирования мероприятий по защите окружающей среды.

Литература

1. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. С.А. Боголюбов, «Правовое воздействие на конкуренцию экономики и экологии»; стр. 167-170, «Право и экономическая деятельность: современные вызовы: Монография», ответственный редактор А.В. Габов, Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации, «Статут», 2015.
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.03.2014 г. № 398-р об утверждении «Комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий» (в ред. распоряжений Правительства РФ от 17.03.2015 г. № 449-р, от 29.08.2015 г. № 1678-р).

УСРЕДНЕНИЕ РУД ПРИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Буянов М.И., Доскенов Е.С., Маматалиев С.К.

Buyanov08@mail.ru, kg_boy1997@mail.ru, kg_boy1997@mail.ru,
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В производстве технологические и экономические показатели зависят от качества полезного ископаемого и его стабильности за весь период добычи. Это объясняется тем, что при переработке состав полезного ископаемого должен находиться в определенном диапазоне. В условиях частой изменчивости качественных характеристик в течение смены перерабатывающее производство не в состоянии быстро изменить режим технологического процесса. Это объясняется отставанием информации о качестве сырья и сложностью перестройки процесса.

В связи с этим перед горным производством ставится задача не только выдачи полезного ископаемого определенного качества в среднем за календарные сроки, но и обеспечение постоянства качественных характеристик в рудопотоке, т.е. стабилизация качества.

Существующие способы усреднения руд объединяют в четыре большие группы: внутрикарьерное усреднение руд; усреднение на складах дробленой и недробленой руды; усреднение в бункерах обогатительных фабрик; комбинированные способы усреднения.

Внутрикарьерное усреднение основано на валовой или селективной выемке различных составов сырья в таких объемах, которые в сумме по всему руднику обеспечивали бы допустимые отклонения качества сырья от планового.

Первым этапом этого процесса является изыскание и планирование горных работ в карьере, который обеспечил бы не только нормируемый коэффициент вскрыши, но и способствовал бы сглаживанию качественных характеристик. С помощью рационального порядка развития работ можно достичь значения показателей стабильности порядка 1,5-2,5 в среднем за отчетный календарный срок. При этом посменные и суточные отклонения качества могут быть весьма велики.

Высокую степень однородности получают путем отдельной выемки разнородных участков забоев, и с поддержанием резервных забоев с разными качественными характеристиками руды и применения подшихтовочных прикарьерных складов.

При оперативном планировании горных работ в режиме усреднения используются различные разделы современной математики, базирующиеся на вероятностно-статистических методах расчета с привлечением ЭВМ.

Усреднение на складах дробленой и недробленой руды часто является определяющим звеном в цепи многостадийной стабилизации качества рудной массы.

Прикарьерные усреднительные склады применяют при недостаточном выравнивании качества по всем предыдущим этапам. Стабилизация качественных показателей на прикарьерных усреднительных складах осуществляется за счет определенной последовательности укладки руды в штабеля и последующей погрузки. Этот способ является наиболее дорогостоящим, но в ряде случаев, особенно в условиях высокой природной изменчивости полезного ископаемого в карьерном поле, он является необходимым.

Применяют также усреднение в бункерах обогатительных фабрик. Опыт усреднения руды в бункерах обогатительных фабрик показывает относительно высокую степень стабилизации качества руды. Ограниченность объема бункера и сложность принудительной загрузки разнокачественной руды в ячейки и отсеки бункера сужают область применения.

Довольно часто на карьерах применяют комбинированный способ усреднения, который заключается в следующем: план горных работ составляют на основе кварталнo-месячных графиков, обеспечивающих режим работы карьера с наименьшими отклонениями содержания от среднего за планируемый период, при этом руда из забоев согласно суточным и сменным заданиям поступает на усреднительный склад недробленой руды

(наклонные слои) и в специальные бункера-дозаторы, находящиеся на площадке перегрузки из автосамосвалов в средства железнодорожного транспорта.

Практика показывает, что наибольшая однородность рудной массы достигается при комбинированной шихтовке руды в карьере (дозированная подача руд из разных забоев) и усреднении в штабелях дробленой руды с применением усреднительных комплексов непрерывного действия, например УБ-120-1, УБ-350-1.

Высокая ценность металла, недоизвлекаемого и теряемого при флотации неусредненной руды в хвостах, увеличивает народнохозяйственное значение усреднения руд цветных и редких металлов.

Особое значение представляет собой оценка эффективности усреднения с использованием в карьерах и на усреднительных складах погрузчиков, позволяющих увеличить число разнокачественных забоев, находящихся в одновременной отработке, и значительно повысить однородность руды, поступающей из карьера на переработку.

Литература

1. Пахомов Е.М, Буянов М.И «Справочное пособие открытая разработка месторождений полезных ископаемых». – М. : «Недра».

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКОВОДНОГО ПОДЪЕМА

Вильмис А.Л.

drobadenko@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Конкретный методологический подход к теории коаксиально-закрученных струй в научно-технической литературе отсутствует. Нами предлагается рассматривать методологию расчета определения технологических параметров системы гидродождения с использованием кинетической энергии коаксиально-закрученных струй (эффекта закрученного смерча) на основе теории центробежной насадки (форсунки), приведенной Г.Н. Абрамовичем в работе [1,2].

При этом основным принципиальным отличительным признаком является создание вокруг соосных патрубков в плоскости разгрузки более или менее постоянного псевдооживленного (демпфирующего) слоя за счет кольцевой закрученной струи (эффекта искусственного смерча) [3,4].

Напор истечения через кольцевую центробежную насадку равен:

$$\Delta H = \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

где ΔH – избыточный напор жидкости (воды) в камере закручивания, м.вод.ст.;

V – суммарная скорость истечения закрученной струи, м/с.

$$V = \vartheta^2 + U^2 + U_p \quad (2)$$

где ϑ, U, U_p – соответственно спутная (осевая), тангенциальная и радиальная скорости при выходе из кольцевой щели, м/с.

По данным Н.Г. Малухина при суммарной скорости истечения $V=2\div3$ м/с, радиальная скорость при формировании кольцевой струи в объеме горной массы составляет около 2% от суммарной скорости, поэтому пренебрегая ею [2] уравнение (2) примет вид

$$V = \vartheta^2 + U^2 \quad (3)$$

С учетом уравнения (3), зависимость (1) примет вид

$$\Delta H = \frac{\vartheta^2 + U^2}{2 \cdot g} \quad (4)$$

Выразим тангенциальную скорость U через осевую ϑ .

Радиус закручивания струйного потока при выходе из центробежной насадки может рассматриваться в двух вариантах:

1. радиус закручивания потока при выходе из центробежной насадки соответствует внутренней образующей центробежной насадки R_0 (большой радиус);
2. радиус закручивания потока соответствует внешней образующей поверхности пульповода R_n (малый радиус).

Векторы скоростей соответствуют также выходу из центробежной насадки и определяют ее расход: Q_1 или Q_2 .

Вихрь с радиусом R_n в основном определяет локальное пульпоприготовление (псевдооживление) в плоскости вытеснения у пульповода.

Вихрь с радиусом R_0 в основном определяет начальный момент трогания зернистого материала (состояние взвешивания) по внешней поверхности искусственного жидкостного сферического грушеобразного потока.

Особенностью закрученного потока является то, что создаваемый кольцевой водяной вихрь должен с минимальными потерями сохранить первоначально созданный момент количества движения в камере закручивания: $Q \cdot \rho \cdot R \cdot \vartheta_{вх}$.

Для этого должны быть конструктивно учтены следующие особенности истечения жидкости из центробежной насадки с формированием сферического демпфирующего наконечника в плоскости вытеснения горной массы в пульповод:

– длина центробежной насадки l должна быть достаточной и необходимой для формирования жидкостного сферического наконечника с минимальными потерями на трение (исходя из практики работы центробежных форсунок обычно допускают длину кольцевого канала с вращающимся потоком не более двух его диаметров;

– центробежная насадка должна иметь максимальный коэффициент расхода при оптимально создаваемом радиусе внутреннего воздушного вихря в средней части потока, соответствующему необходимому диаметру транспортного пульповода $D_n/2=R_n$. Поэтому минимум потерь энергии от гидроудара и гидравлического прыжка будет при условии равенства диаметров пульповода (внешнего) и формируемого центрального воздушного вихря центробежной насадки.

$$R_b = R_n \quad (6)$$

Таким образом, исходя из выражения (2.5) получим тангенциальную скорость на внешней образующей поверхности пульповода, формирующую демпфирующий всасывающий наконечник в плоскости вытеснения псевдооживленной горной массы.

$$U = v_{вх} \cdot \frac{R}{R_n} \quad (7)$$

Представим геометрический параметр центробежной насадки как

$$A = \frac{R_n}{R_{вх}} \cdot \left(1 + \frac{R_n}{R_{вх}} \right) \quad (8)$$

Введенный геометрический параметр центробежной насадки по уравнению (8) правильно оценивает сущность процесса формирования сферического кольцевого демпфирующего наконечника при напорном закручивании потока воды при входном радиусе трубы R_{ex} и последующего вытеснения по транспортному пульповоду R_n (уже заданного с учетом необходимых расходно-напорных параметров гидротранспортирования твердого).

Таким образом, геометрический параметр центробежной насадки определяется соотношением площади поперечного сечения транспортного пульповода (выходной патрубков) к площади поперечного сечения напорного водовода (входной патрубков). Такой показатель структурно подобен основному геометрическому параметру водоструйного аппарата

$$m = \frac{R_n^2}{R_{вх}^2} = \frac{w_n}{w_{вх}} \quad \sqrt{m} = \frac{R_n}{R_{вх}} \quad (9)$$

где R_n – радиус камеры смешения водоструйного аппарата, м;

R_{ex} – радиус рабочей насадки для напорной воды, м.

Уравнение (2.19) исходя из (2.20) можно представить как

$$A = \sqrt{m} \cdot (1 + \sqrt{m}), \quad (10)$$

а уравнение (10) определяет основной геометрический параметр для загрузочно-обменных аппаратов, где пульпоприготовление формируется за счет спутной струи (различной формы).

Литература

1. Ахмедов Р.Б., Балагула Т.Б., Рашидов Ф.К., Сакаев А.Ю. Аэродинамика закрученной струи. – М. : «Энергия», – 1977. – с. 3-5.
2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – М. : ЭКОЛИТ, 2011. – 720 с.
3. Дробаденко В.П., Малухин Н.Г., Луконина О.А., Козлов М.Ю. Перспективы освоения шельфовых и глубоководных месторождений полезных ископаемых. Общественно-научный журнал «Вестник Российской академии естественных наук», 2013/5, – том 13.
4. Дробаденко В.П., Вильмис А.Л., Малухин Г.Н., Кудряшов Р.В., Малухин Н.Г. Возникновение стабильного процесса псевдооживления горной массы в объеме загрузочно-аппарата при напорном гидротранспортировании. Общественно-научный журнал «Вестник Российской академии естественных наук», 2013/6.1, том 13.

СКВАЖИННАЯ ДОБЫЧА РОССЫПЕЙ СПОСОБОМ ЗАМЕЩЕНИЯ

Гайдин А.М.

Anatoliy.haydin@gmail.com, Институт горно-химической промышленности,
Львов, Украина

В рассыпных месторождениях золота, алмазов, титана, циркона, и др. полезных ископаемых, а также в корях выветривания руда и покрывающие её породы часто имеют малую прочность. Запасы этих полезных ископаемых на глубине, доступной для карьеров, исчерпываются. Применение шахтного способа невозможно из-за неустойчивости выработок. Поэтому идея добычи нескальных руд через скважины привлекает большое внимание. В 1962 г. О.Ф. Васильевым [1], рассмотрено поведение вязкопластического рудного тела, раскрытого вертикальной выработкой. Показано, что под весом налегающих пород руда может перейти в текучее состояние и как из-под штампа выдавливаться в скважину. Понятие о деформациях, которые возникают в руде при давлении, превышающем её предел текучести, положено им в основу концепции скважинного способа добычи руды. В 1965 г. в институте горно-химического сырья (ГИГХС) начаты работы по скважинной гидродобыче (СГД) [2]. В отличие от концепции О.Ф. Васильева, в основу СГД положена идея перенесения в недра способа гидромеханизации открытых горных работ, включающего разрушение руды водяной струёй, доставку гидросмеси к выдачному отверстию и откачку её на поверхность.

Эти две концепции отображают существование двух состояний горных пород, раскрытых буровыми скважинами: устойчивого или неустойчивого. Одна и та же порода может быть устойчивой или неустойчивой в зависимости от глубины залегания, гидродинамических факторов и формы выработки. Двум состояниям пород отвечают и два подхода к разработке технологии скважинной добычи. Для руд в неустойчивом состоянии не нужно применять размыв, а подъём руды может осуществляться как гидравлическим, так и механическим способом. Основанная на этом явлении технология не является гидродобычей. Однако, ни та, ни другая концепция скважинной добычи не осуществима при неустойчивой кровле.

Для добычи неустойчивых руд из-под неустойчивой кровли предложен способ замещения [3], в основе которого лежит понятие о ядре текучести – области пластической деформации руды. В ядре текучести руда находится в предельно разрыхленном состоянии. Размер этой области зависит от глубины, предельного касательного напряжения породы, а также от градиента напора воды. В однородной среде ядро текучести имеет форму эллипсоида со строго заданным соотношением вертикальной и горизонтальной осей. При извлечении руды из нижней части пласта ядро текучести разрастается вверх, разрыхленная руда сползает по параболической поверхности к месту выпуска. Это явление используют при выпуске маганизированной руды в шахтах. После того, как свод эллипсоида достигает кровли пласта, дальнейшее развитие процесса определяется прочностью кровли.

Под скальной породой ядро текучести достигает кровли, после чего формируется конусоподобная полость. Последняя расширяется до тех пор, пока не образуется воронка с углом естественного откоса руды от 20 до 27°. На практике этот процесс используют при сооружении так называемых бесфильтровых водозаборных скважин.

В случае полускальной кровли, при достижении полостью некоторой площади обнажения, происходит отслаивание и вывалы породы. Обломки создают на откосах воронки своего рода крепление, забутовывают выдачное отверстие. В этом случае размер воронки определяется устойчивостью кровли.

При неустойчивой кровле в развитии ядра текучести различаются следующие фазы.

1) ядро текучести растёт в пределах рудного пласта. Это продолжается до момента, пока свод ядра не достигнет кровли. 2) ядро текучести продолжает развиваться в покрывающих породах. К руде примешивается пустая порода, доля которой в смеси постепенно возраста-

ет. 3) ядро текучести достигает земной поверхности. Образуется провал с нависающими стенками. 4) стенки провала обваливаются, образуя воронку.

Сущность предлагаемого метода заключается в стабилизации ядра текучести в момент достижения им кровли пласта путём подачи закладочного материала. При этом наблюдается квазистационарное течение руды и закладочного материала в контуре ядра текучести. Поверхность раздела между рудой и закладочным материалом имеет форму, напоминающую депрессионную воронку при откачке воды из скважины.

Размер ядра текучести и как следствие объём добычи руды из одиночной скважины сильно зависит от мощности рудного пласта. Расчётные формулы приведены в статье автора [4]. Если принять эксцентриситет эллипсоида равным 0,5, получим объём добытой руды из одиночной скважины в зависимости от мощности рудной залежи (таблица 1).

Таблица 1

Расчетный объём ядра текучести в зависимости от мощности рудного пласта

Толщина пласта, м	2	5	10	15	20	25
Объём, м ³	3.1	49	393	1326	3144	8140

Элементарные расчеты показывают, что при расположении буровых скважин по треугольной сетке таким образом, чтобы ядра текучести соприкасались между собой, извлечение руды будет составлять 34%. Более полного извлечения можно добиться при взаимодействии добычных скважин. При отработке сближенными скважинами возможно добиться достаточно высокого извлечения запасов. Если расположить их в ряд с малым между ними расстоянием, эллипсоиды сольются в фигуру, которая в поперечном разрезе будет эллипсом, а в продольном – приближаться к прямоугольнику. При таком расположении скважин коэффициент извлечения ориентировочно отвечает отношению площади эллипса к площади прямоугольника высотой, равной мощности и шириной, равной малой оси эллипса, равному 0,78. Для более полного извлечения необходимо применять твердеющую закладку, в качестве которой целесообразно использовать отходы обогащения с добавлением связующего материала. Наши исследования позволяют сделать вывод о возможности применения предложенного способа замещения в условиях глубокого залегания рассыпных руд, в частности на Мотроновско- Анновском титано-циркониевом месторождении, на Новополтавском месторождении апатита и др.

Таким образом, на основании теоретических исследований и физического моделирования, а также анализа опытов применения скважинной добычи, предложен способ добычи неустойчивых руд, залегающих под неустойчивыми же породами. Он отличается тем, что для разрушения и доставки руды к входному отверстию выдачной колонны труб используют силы гравитации, а обрушение пород кровли предупреждается закачкой закладочного материала.

Литература

1. Васильев О.Ф. К проектированию установки для безвскрышной добычи погрёбённых россыпных месторождений полезных ископаемых. Изд. института гидродинамики СО АН СССР. – Новосибирск, 1962. – 32 с.
2. Аренс В.Ж., Исмагилов Б.В., Шпак Д.Н. Скважинная гидродобыча твердых полезных ископаемых. – М. : Недра, 1980. – 229 с.
3. Гайдин А.М. Исследование оптимальных технологий скважинной добычи руд в различных горно-геологических условиях. / Горный журнал. – 2009. – № 2. – С. 28-30.
4. Гайдин А.М. Скважинная добыча неустойчивых руд способом замещения. // Материалы международной конф. «Форум горняков-2016». Днепропетровск, – 2016. – С. 15-25.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ И ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

Дробаденко В.П., Вильмис А.Л., Луконина О.А.

drobadenko@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Предлагаемая технология основана на полученном авторами патентом на изобретение №2558594 от 10.08.2015 г. «Способ ведения массообменных процессов и устройство для его осуществления». В ней технологически взаимоувязана работа загрузочного аппарата с вихревым пульпоприготовлением для гидротранспортирования зерновой части минеральных частиц после классификации исходного песчано-глинистого материала в пульсационной колонне.

Загрузочные аппараты (питатели) имеют известные преимущества: подача высоконасыщенной гидросмеси, отсутствие абразивного износа движущихся частей агрегата и другие.

Они предназначены для ввода твердого материала в трубопровод, по которому движется поток жидкости под давлением. Загрузочный аппарат работает на воде, которая нагнетается в трубопровод водяными насосами. Твердый материал в сухом виде смешивается с водой или гидросмесью в самом питателе и далее нагнетается в магистральную коммуникацию.

Такие способы загрузки позволяют применять в схемах гидротранспортирования высоконапорные многоступенчатые насосные установки для чистой воды, а твердый материал вводить в напорный трубопровод минуя насос. Создавая высокий напор, можно транспортировать твердый материал на большие расстояния.

Главным фактором, обеспечивающим формирование устойчивой и высоконасыщенной гидросмеси в загрузочных аппаратах является процесс пульпоприготовления, т.е. способ гидродинамической разгрузки камер, определяющий подачу (загрузку) твердого материала в транспортный трубопровод.

В итоге предлагается полифункциональный массообменный гидротранспортный комплекс, который может быть использован в химической, горнометаллургической, строительной и других отраслях промышленности; например для извлечения ценных компонентов также из минерального и техногенного сырья (отходы обогащения, отвалы и др.), а также на операциях промывки тонкодисперсных глинистых частиц от растворимых веществ, сепарации песков и зернистых минералов, отмывки от шламов и органических продуктов.

Технология и техническое устройство направлено на повышение степени извлечения полезного компонента, увеличение надежности и эффективности работы пульсационной колонны, обеспечение повышения производительности технологического процесса и непрерывной разгрузки, увеличение дальности транспортирования готовой продукции во всех направлениях (по вертикали и горизонтали), а также снижение эксплуатационных затрат на весь процесс в целом.

Технологический комплекс включает колонну с закрепленными по вертикали перфорированными горизонтальными тарелками и оборудованную установленной в нижней части корпуса аппарата специальной пульсационной камерой, а в нижней точке днища – систему разгрузки в виде разгрузочно-транспортного узла, герметически сообщенного с корпусом самого аппарата через специальный делитель-дозатор потока. Исходный материал (в сухом виде или пульпа) подаются в колонный аппарат сверху. По мере заполнения корпуса твердым материалом в верхней части аппарата происходит слив промывочной жидкости с удаляемым мелкодисперсным материалом. Одновременно вне колонного аппарата с помощью пульсационной камеры и пульсатора в колонный аппарат снизу подается энергетическая жидкость.

За счет пульсационных колебаний энергетической жидкости и под действием сил гравитации вдоль корпуса колонного аппарата, а также многократных изменений направлений воздействия потока на твердые частицы на перфорированных тарелках происходит расслоение твердых частиц по гидравлической крупности. В условиях противотока глинистые фракции выводятся в верхний слив, а твердые частицы постепенно осаждаются и накапливаются в придонной конической части днища колонны.

Далее накопленный материал перемещается через выпускное отверстие и, проходя делитель потока-дозатор, поступает в гидротранспортный аппарат который основан на использовании кинетической энергии жидкостных струй (эффекта искусственного смерча, что в свою очередь позволяет: формировать высоконасыщенную пульпу (35% по объему); увеличить в 2,5-3 раза дальность транспортирования концентрированной гидросмеси; исключить абразивный износ движущихся частей трубопроводного оборудования, так как движителем является не грунтовой насос, а водяной насос, что позволяет снизить металлоёмкость процесса транспортирования; повысить стабильность подачи гидросмеси на обогащательные аппараты; значительно уменьшить переизмельчение транспортируемых минеральных частиц, что способствует повышению извлечения ценных компонентов при переработке их на обогащательных фабриках.

Предлагаемый полифункциональный массообменный комплекс также может использоваться при промышленном освоении минерального сырья месторождений дна морей и океанов.

При этом аппарат должен располагаться на полупогружной платформе, сообщенной с добычным судном посредством основного подъемного трубопровода и системой тросов и кабелей.

С целью избегания влияния на эксплуатацию морского комплекса морфологии дна погружная платформа размещается на незначительной высоте над его поверхностью (450-500 м).

При этом в процессе проведения работ платформа буксируется добычным судном. Подача твердого полезного ископаемого в аппараты от агрегатов сбора может осуществляться как в виде гидросмеси, так и в виде отдельных конкреций механическим способом, поступающих сначала в приемный бункер накопитель с дроблением негабаритных включений.

Гидросмесь от агрегата сбора по гибкому пульпопроводу поступает в пульсационную колонну, где происходит обесшламливание минерального сырья. Скопившийся в нижней части пульсационной колонны материал направляется в загрузочную емкость массообменного аппарата, а шламовые частицы по трубопроводу поступают в выработанное пространство. По окончании процесса загрузки также как и в вышеприведенной схеме в камеру установки подается вода и происходит вытеснение сформированной в аппарате гидросмеси (со средней консистенцией более 35% по объему) по магистральному пульповоду на добычное судно.

Необходимо еще раз отметить, что в зоне противотоков, возникающих в верхней части камеры при загрузке, от конкреций отделяется значительная масса вмещающих осадков, которая по сливному трубопроводу сбрасывается в выработанное агрегатом сбора пространство на дне океана, что в значительной степени снижает негативное влияние геоконцентрации на экологическую обстановку района работ.

К ВОПРОСУ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ЙОДНЫМИ РАСТВОРАМИ

Ибрагимов А.С., Бакиев С.А.

ГП «Институт ГИДРОИНГЕО» Госкомгеологии Узбекистана,
Ташкент, Республика Узбекистан

В последние годы горнодобывающая отрасль Узбекистана в целях прироста запасов и увеличения извлечения золота, в производственный оборот все больше вовлекают руды с более бедным содержанием золота, а также так называемые «упорные руды». Это связано, прежде всего, с уменьшением естественных запасов богатых золотосодержащих руд. Упорность золота связана и с рассеянием его в сульфидных минералах пирите, арсенопирите и др., с наличием в руде в большом количестве глинистых минералов и углеродистых веществ, которые являются сорбентами золота. Эти два фактора могут проявляться одновременно и тем самым особо усложняют технологию переработки золотосодержащих руд. Именно такие руды, в последнее время, все больше интересуют и науку, и производство, т.к. переработка таких руд позволяет существенно увеличить добычу золота.

Именно к таким «упорным» и относятся золотосодержащие руды месторождений Кокпатас и Даугызтау. По данным микрозондирования в пробах руд и концентратах установлены три формы нахождения золота: самородное, установленное в пирите и арсенопирите в виде микронных включений. Золото высокопробное, присутствующее в виде «невидимых» наночастиц в пирите и арсенопирите и сорбированное золото в гидроокислах железа (гидрогетите) и глинистых минералах (гидрослюде, хлорите) и смектитах (хлорит-монтмориллонит и монтмориллоните).

По мнению авторов, наиболее перспективным направлением увеличения добычи золота из упорных руд может стать йодная технология. Почему йода?

Установлено, что йод-йодидные растворы извлекают золото в концентрациях, близких к традиционно используемым в цианистой технологии. Возможность элементов-галогенидов растворять золото объясняется их способностью к комплексообразованию с этим элементом.

А.О. Байконурова и др. отмечают, что йод обладает способностью к образованию анионов с высокой степенью поляризации так называемых полигалоидных соединений I^{3-} , I^{5-} , которые являются активным началом для процесса интенсификации и полноты выщелачивания золота из минерального сырья (А.О. Байконурова и др. Выбор нетоксичных растворителей для выщелачивания золота из золотосодержащего сырья).

Известно также, что способность к поляризации растет с увеличением атомного радиуса от фтора к йоду и наиболее ярко выражена у йода. Соответственно, из галогенидных комплексов золота, йодидные являются наиболее устойчивыми.

Таким образом, галоидные растворы является альтернативными реагентами цианидным растворителям, которые могут успешно использоваться при выщелачивании свободного золота из золото-содержащего сырья. Среди галоидных систем представляют интерес растворы, содержащие наряду с йодид-ионом элементный йод.

Йод-йодидная система, обладая свойствами галогенов, имеет следующие достоинства [В.В. Лимберова и др. Лабораторные исследования процесса выщелачивания золота из руд Тасеевского месторождения активированным ультразвуком растворителем]:

– йод является сильным окислителем и образует в водном растворе стабильные формы комплексов одновалентного и трехвалентного золота и самую большую зону устойчивости (среди галогенов в водном растворе), т.к. его ион тяжелее, чем у брома и хлора ($I^- > Br^- > Cl^-$);

– йод способен при низких концентрациях [оптимальная концентрация 0,02 моль/л] растворять золото в широком диапазоне кислотности раствора (рН от -2 до +12), причем в кислых растворах он лучше (среди аналогов) растворяет сульфиды, а в

нейтральных или слабощелочных (рН 8.0-8.5) не образует комплексов с железом и не реагирует с сульфидами;

– российскими учеными (Чита) экспериментальным путем установлено, что йод-йодидное выщелачивание руды, содержащей 639 г/т Au, позволяет максимально извлечь в раствор около 50% металла (предположительно свободного) в течение не менее 300 часов в условиях перколяционного режима обработки, без нагрева; при этом оптимальной концентрацией выщелачивающего реагента рекомендуется 0,02 моль/л.

Лабораторные исследования, проведенные в ГП «Институт ГИДРОИНГЕО» (2013-16 гг.), показали, что при использовании йод-йодидного раствора для выщелачивания золота из упорных окисленных руд процент извлечения золота может достигать 90%. Тот же показатель для руд месторождений Даугызтау и Кокпатас превысил 41%. Причем, в отличие от других исследований, данный процент извлечения получен при продолжительности не превышающей от 2-4 часов (для окисленных руд) до 48-92 часов для упорных руд месторождений Лаугызтау и Кокпатас.

Для выяснения форм нахождения в обожженных образцах концентратах руд, обработанных йод-йодидным раствором, нами были изучены брикеты кеков микрозондированным анализом. В результате этих исследований установлены повышенные содержания йода и золота в гидрогетите и глинистых минералах (хлорите, гидрослюдах, монтмориллоните-хлорите и монтмориллоните, табл. 6). Известно, что в природе химические соединения золота и йода не установлены, и присутствие золота и йода в тонкодисперсных глинистых минералах и гидрогетите можно объяснить только растворением части золота под воздействием йод-йодного раствора и переходом его в раствор, который незамедлительно сорбируется вышеперечисленными минералами [5, 6].

Результаты лабораторных опытов и анализ существующей литературы свидетельствуют о том, что проблема создания экологически чистой, экономически приемлемой и технологически реализуемой технологии полного извлечения золота из упорного сырья остается открытой и требует продолжения проведения фундаментальных исследований с прикладным, инновационным и диверсификационным уклоном.

Таким образом, еще раз доказано, что йод-йодидный раствор выщелачивает золото (свыше 90% из окисленных руд), в том числе из упорных руд. Присутствие в руде определенного количества минералов-сорбентов не позволяют извлечь золото в полном объеме, и данный вопрос требует проведение более тщательных аналитических и экспериментальных работ, по результатам которых можно сделать определенные выводы по изменению технологии извлечения золота из упорных руд новыми методами.

Литература

1. Бакиев С.А. О возможности выщелачивания золота йодными растворами. // Геология и минеральные ресурсы – 2011. – № 6. – с. 50.
2. Бакиев С.А., Калабугин Л.А. Добыча йода из попутных сбросных промышленных вод, разрабатываемого нефтегазового месторождения Крук. // Геология и минеральные ресурсы – 2007. – № 1. – с. 49-51.
3. Байконурова А.О. и др. Выбор нетоксичных растворителей для выщелачивания золота из золотосодержащего сырья.
4. Лимберова В.В. и др. Лабораторные исследования процесса выщелачивания золота из руд Тасеевского месторождения активированным ультразвуком растворителем //ИНТЕРНЕТ//.
5. Минералы. Справочник. Том 2, вып.1. Изд-во АН СССР, М., 1963, – 295 с.
6. Петровская Н.В. Самородное золото. Изд-во «Наука», М., 1973, – 347 с.

СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БУРЕНИЯ СКВАЖИН ПРИ РАЗВЕДКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Калинин И.С., Журавлев А.С., Маматалиев С.К.
drobadenko@mail.ru, drobadenko@mail.ru, kg_boy1997@mail.ru,
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В зависимости от вида полезного ископаемого различают россыпи золота, платиноидов, олова, титана, алмазов, янтаря и другие. Разведка россыпных месторождений осуществляется в основном бурением скважин, по данным которых подсчитывается около 95% запасов. Учитывая диаметр бурения при разведке россыпей, скважины, например золота, подразделяются на скважины малого (рядового) диаметра (168-219 мм) и скважины большого диаметра (более 500 мм).

В соответствии с геологическим разрезом, гранулометрическим составом, гидрогеологическими, криологическими условиями и глубиной залегания россыпных месторождений применяются следующие способы и технические средства бурения скважин малого диаметра: ударно-канатное бурение; вращательное колонковое бурение; комбинированное бурение; ударно-вращательное бурение пневмоударниками; виброударное и виброударно-вращательное бурение; бурение комплексами с гидротранспортом керна; бурение снарядами со съёмными керноприемниками с применением пневмоударников.

Ударно-канатное бурение является одним из основных способов разведки россыпей, особенно на Северо-Востоке страны. В этом случае порода разрушается по всей площади забоя долотом, а разрушенная порода (шлам) извлекается желонкой. В зависимости от свойств буримых пород применяется несколько типов долот: плоские, двутавровые, крестовые и округляющие.

Для чистки скважины от шлама используются желонки с плоским, двустворчатым и полусферическим клапанами, также поршневые желонки, применяемые в продуктивном пласте россыпей, где необходимо более качественное опробование.

Для ударно-канатного бурения выпускают две группы станков, предназначенных для сооружения гидрогеологических и водозаборных скважин, а также при разведке россыпных месторождений до глубины 200-500 м : УГБ-ЗУК (УКС-22М), УГБ-4УК (УКС-30М), БУ-20-2М, БУ-20-2УШ, БУ-20-3 и станок «Амурец».

Достоинствами ударно-канатного способа являются возможность бурения скважин во всех диапазонах глубин разведки россыпей и в различных типах геологических разрезов, включая валунно-галечниковые отложения. В тоже время, при ударно-канатном бурении происходит недостаточно высокое качество опробования всего геологического разреза и продуктивного пласта в связи с образованием шлама, что приводит к миграции полезного компонента, а, следовательно, к возможному обогащению или разубоживанию отдельной пробы.

Вращательный колонковый способ применяется в ограниченных объемах при бурении устойчивых песчано-глинистых пород с небольшим содержанием галечниково-валунных отложений, а также по плотнику. При этом бурение осуществляется твердосплавными коронками двумя способами: бурение всухую и безнасосное бурение, т.е. бурение с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. Преимуществом этого способа является получение керна, в связи с чем повышается качество опробования продуктивного пласта, хорошо устанавливаются его истинная мощность и контакты пород, что повышает качество документации всего геологического разреза. К недостаткам следует отнести сложность бурения валунно-галечниковых отложений, а также трудность или невозможность использования «ходовой» или опережающей обсадной колонны.

Комбинированный способ применяется при бурении сложных геологических разрезов, представленных чередованием рыхлых, мягких, твердых и галечниково-валунных отложений. При этом, в зависимости от буримых пород, сочетаются преимущества как

ударно-канатного, так и вращательного колонкового бурения скважин. В таких геологических условиях применяются установки комбинированного бурения разведочных скважин на россыпи типа УБР-2М и БУУ-2.

Ударно-вращательное бурение пневмоударниками применяется при разведке золотоносных россыпей в районах многолетней мерзлоты до глубины 300 м и более. Для этого используются комплексы пневмоударного бурения (КПР), состоящие из колонковых наборов КПР-161, КПР-184 и КПР-216, с применением одинарных, а также двойных колонковых труб для повышения выхода керна. Эффективность разрушения породы достигается благодаря применению разведочного пневмоударника РП-130, а следовательно, одновременному воздействию на забой ударных и статических нагрузок, также крутящего момента.

Виброударное и виброударно-вращательное бурение на россыпи применяют в песчано-глинистых породах с твердыми прослоями и включениями обломочного материала. В буровых установках АВБ-2М и АВБ-3 в качестве основного рабочего органа используются беспружинные вибромолоты ВБ-7 и ВБ-7М. Агрегат вибрационного бурения АВБ-2М применяется для виброударного бурения на глубину до 20м, установка АВБ-3 укомплектована также ротором и обеспечивает бурение скважин виброударно-вращательным способом на глубину до 40м.

Бурение комплексами с гидротранспортом керна (КГК) применяется при поисках россыпей золота на глубинах до 100-300м и осуществляется с применением двойной колонны бурильных труб и обратной промывки, обеспечивающей непрерывный вынос керна. Для бурения применяется установка УРБ-2А-2ГК с комплексами КГК-100 и КГК-300.

Бурение снарядами со съёмными керноприемниками с применением пневмоударников для разведки россыпных месторождений обеспечиваются съёмными пневмоударными керноприемниками типа СПК-187 и СПК-205, показавшими работоспособность и перспективность их использования.

Бурение скважин большого диаметра применяется для заверки скважин малого диаметра, также при разведке сложных россыпей, имеющих резкое изменение мощности продуктивного пласта и большое изменение концентрации полезного компонента по разрезу и в плане. Буровая установка УБСР-25М предназначена для бурения талых и сильнообводненных россыпей с включением крупной гальки и валунов медленно-вращательным способом ковшовым буром и ударно-захватным способом грейфером. Буровая установка УБМ-20А применяется для бурения скважин в многолетнемерзлых породах с использованием колонкового пневмошарошечного бура и пневмоударного бура.

Литература

1. Бурение разведочных скважин. Учеб для вузов. Соловьев Н.В., Кривошеев В.В., Башкатов Д.Н. и др; Под общей ред Соловьев Н.В. – М. : Высш. шк., 2007.
2. Бурение скважин при поисках и разведке россыпных месторождений. Труды ЦНИГРИ, 1987, вып. 215.
3. Брылин В.И. Бурение скважин на россыпи. Учебное пособие. – Томск : Изд. ТПУ, 2000.
4. Калинин А.Г., Власюк В.И., Ошкордин О.В., Скрыбин Р.М. Технология бурения разведочных скважин. – М. : Изд. «Техника», 2004.
5. Кренделев В.П. Бурение скважин при поисках и разведке россыпных месторождений. – М. : Недра, 1976.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Клочков Н.Н., Луконина О.А., Некоз К.С.

drobadenko@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Технология подводной добычи твердых полезных ископаемых на шельфе включает следующие технические средства: штанговые земснаряды, многочерпаковые драги, грейферные драги, системы с применением подводных скреперов и бульдозеров, многоковшовые канатно-цепные комплексы, гидравлические снаряды и другие.

Подводные установки и бульдозеры применяют на прибрежно-морских россыпях, залегающих до глубин 4-7 м. Они характеризуются наиболее интенсивным волновым воздействием и суточными колебаниями уровня вод в связи с приливами и отливами. Эффективная разработка таких месторождений с применением плавучих земснарядов осложнена из-за осадки судов. Поэтому в последние десятилетия были созданы донные аппараты для работы в таких условиях, к ним относятся подводные бульдозеры на гусеничном ходу. Наибольших успехов в разработке таких машин добились в США и Японии (фирмы «Комачу» и «Хитачи»).

Скреперные установки применяются для разработки прибрежно-морских россыпей, залегающих от уровня воды до 4-5 м. Так, в США у побережья Флориды для добычи ЖМК при дальности разработки от места выгрузки 200-240 м часовая производительность установки составила 150 м³/ч.

Многочерпаковые драги применяются при морской разработке прибрежно-морских нерудных и россыпных месторождений, в частности ильменито-рутило-циркониевых, золотосодержащих, алмазоносных залежей. По своим техническим возможностям (глубина отработки до 50 м) многочерпаковые драги являются наиболее распространенными и универсальными, т.к. могут производить добычу и переработку полезных ископаемых различного гранулометрического состава в сложных горнотехнических условиях. Однако на открытых участках, не защищенных от морских волн гидротехническими сооружениями, максимальная глубина добычи составляет ≈10 м. средняя годовая производительность драг по горной массе ≈3 млн м³.

Широко известны крупнейшие в мире драги «Бима», «Банка-1», «Банка-2», «Белитунг-1», которые разрабатывали затопленные морями аллювиальные и элювиальные касситеритовые россыпи. Золотосодержащие россыпи разрабатываются в странах Юго-Восточной Азии (Индонезия, Таиланд, Индия, Малайзия) и США. Однако при всех своих достоинствах драги отличаются большой строительной стоимостью.

Грейферные снаряды могут работать при добыче любых пород, кроме скальных, имеют небольшую удельную металлоемкость (по сравнению с многочерпаковыми снарядами), хорошую маневренность и максимальную глубину отработки до 90 м. Главными недостатками являются: цикличность технологического процесса и снижение производительности при увеличении глубин разработки, так как в этом случае значительно увеличивается время подъема ковша в цикле черпания.

Особенностью штанговых земснарядов является то, что выемка породы осуществляется с приложением значительных усилий на режущую кромку ковша, поэтому они могут разрабатывать породы, которые в естественном залегании представляют собой плотные массивы, либо обломки предварительно разрыхленных скальных пород. Они имеют производительность 250-500 м³/ч и наибольшую глубину разработки до 20 м. Главным недостатком, как и грейферных снарядов, является цикличность технологического процесса.

Гидравлических способ разработки подводных месторождений полезных ископаемых включает в себя следующие снаряды: грунтонасосный, эжекторный, эрлифтный, систему с пневматическими камерными насосами, систему с погружными пустотелыми камерами, а также их комбинации.

Главная их отличительная способность – поточность, обеспечивающая высокопроизводительную разработку и транспортировку донных отложений.

Земснаряды с центробежными грунтонасосами широко распространены благодаря простоте конструкции, большой производительности, высокого коэффициента полезного действия. Основными препятствиями для эффективного использования грунтонасосов являются недостаточная всасывающая способность (6-7 м вод. ст.), вследствие чего имеют относительно небольшую глубину разработки обычно до 20 м.

Для увеличения глубины выемки применяются погружные насосы, расположенные ниже уровня воды, что позволяет увеличить производительность на 30-80% (в зависимости от условий разработки) и глубину добычи до 100 м. Однако герметичная капсула, встроенная в верхнюю часть грунтозаборного устройства затрудняет его эксплуатацию, усложняет конструкцию и приводит к удорожанию машиностроения работы землесосного снаряда.

В настоящее время существует большое количество конструктивных схем различных по назначению типов водоструйных насосов – эжекторов. Их основные преимущества: простота конструкции, отсутствие движущихся частей, небольшие капитальные и эксплуатационные затраты. Недостатки: низкий коэффициент полезного действия (20-35%).

Основными преимуществами эрлифтного подъема являются: простота эксплуатации при полном отсутствии движущихся механических частей и силовых кабелей на месте добычи, производительность плавно регулируется путем изменения расхода воздуха, а недостатками – значительный расход сжатого воздуха, требуется определенная глубина погружения смесителя под воду (от 30 до 75%), производительность сильно зависит от обеспечения подготовки горной массы.

Сотрудниками МГРИ-РГГРУ успешно были проведены морские испытания нового эрлифтного грунтозабора с механогидравлическим рыхлением.

Опыт эксплуатации мощных погружных грунтонасосов на гусеничном ходу показал, что при производительности 400-600 м³/ч коэффициент использования рабочего времени составил ≈30%, а эрлифтные установки при производительности 150 м³/ч имели коэффициент использования ≈95%.

Одним из новых направлений в разработке донных, в т.ч. илистых отложений является использование земснарядов, оснащенных пневматическими камерными насосами (ПНК). Основные преимущества: осуществлять подачу высококонцентрированной (до 50%) гидросмеси плотностью до 1900 кг/м³ и при этом снизить мутность воды в зоне выемки при ведении работ, дальность рефулирования до 6000 м, минимальная глубина разработки 200 м, высокая износостойкость по сравнению с грунтовым насосом, отсутствие вращающихся частей. Недостатки: высокий расход сжатого воздуха, низкий КПД (15-35%), разработка пород ведется углубочным воронковым способом, в результате чего при первичной проходке собирается 20% пород.

Анализ опыта разработки подводных месторождений на шельфе показывает, что в каждом случае в зависимости от горно-геологических, гидрологических и метеорологических условий, от глубины разработки и вида полезного ископаемого применяются различные технологические и конструктивные решения технических средств.

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНОВЫХ РУД

Маркелов С.В.

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В практике технологии подземного выщелачивания полезного компонента возникает необходимость управления параметрами режима формирования и поддержания эффективной структуры продуктивных растворов. Условия формирования таких растворов контролируются разнообразными геотехнологическими факторами – минеральный состав руд и вмещающих пород, содержание полезного компонента в твердом, концентрация химически активного реагента выщелачивающих растворов, интенсивность подачи растворов в продуктивный пласт.

Обработка и анализа технологических параметров, полученных на основе проведения лабораторных и опытных работ, позволили выявить зависимости для управления процессом добычи урана на различных временных этапах.

$$\varepsilon = \frac{n \cdot \lambda^{1.5} \cdot t (K_p - K_{op})}{\sqrt{K_p}}, \quad (1)$$

где ε – коэффициент извлечения урана, в долях единицы; λ – плотность орошения руд, м³/т сут; t – время выщелачивания, сутки; K_p – концентрация реагирующего в массе руд реагента, г/л; K_{op} – концентрация реагента в дренируемых растворах, г/л; n – коэффициент, зависящий от соотношения зон диффузионного и конвективно-инфильтрационного переноса выщелачивающих растворов ($n = 0,25-0,5$).

При последующем анализе результатов выщелачивания урана из пирит содержащих руд, и образование гидроокиси железа и влияния величины ж : т на интенсивность кинетики перехода урана в раствор зависимость (1) была представлена в следующем виде:

$$\varepsilon = \frac{n \cdot \lambda^{1.5} \cdot t \cdot K_n \cdot \left[1 + \frac{3,28}{q + q \left(\frac{K_n}{8,3} \right)^2} \right]}{\sqrt[4]{K_n}}, \quad (2)$$

где K_n – концентрация реагента в подаваемых для орошения руд растворах, г/л; q – величина ж : т, м³/т.

Таким образом, оценка основных горнотехнических экономических показателей отработки рудных тел способом ПВ требует знание величины таких геотехнологических параметров как:

λ – плотность орошения массы замагазинированных руд;

K_n – концентрация выщелачивающего реагента в подаваемом для орошения замагазинированных руд растворе;

K_p – фактическая концентрация выщелачивающего реагента, формирующаяся в объеме гидратных микрослоев массы руды при продуцировании его дополнительного количества в результате разрушения пирита.

Эти параметры, как видно из зависимостей (1) и (2) взаимосвязаны с коэффициентом извлечения (ε) и временем выщелачивания, необходимого для достижения заданной величины ε .

Решая уравнения (1) и (2) относительно λ , при заданных ε и t для различных концентраций выщелачивающего реагента, получаем значения этих параметров в пределах принятых граничных условий – ε и t .

$$\lambda = \left[\frac{\varepsilon \cdot \sqrt[4]{K_p}}{0,25 \cdot t \cdot (K_p - K_{op})} \right]^{0,67} \quad (3)$$

$$\lambda = \left[\frac{\varepsilon \cdot \sqrt{K_n}}{0,126 \cdot t \cdot K_n \left[1 + \frac{3,28}{q + q \left(\frac{K_n}{8,3} \right)} \right]} \right]^{0,67} \quad (4)$$

Параметр K_p , входящий в уравнения (1) и (3) следует рассматривать и как концентрацию выщелачивающего реагента в направляемых на орошение руд растворах, необходимую для извлечения из них планируемого количества урана за установленное время t , при условии, что в массе замагазинированных руд не будет иметь место его продуцирование за счет разрушения сульфидной (пиритовой) минерализации.

ВЫБОР НАИЛУЧШЕЙ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Папичев В.И.

drobadenko@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

При определении технологических процессов в качестве наилучшей доступной технологии рекомендуется в качестве одного из основных критериев использовать наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчёте на единицу времени или объём производимой продукции.

Одним из универсальных показателей, в наиболее полной мере отражающих общий уровень воздействия технологии на окружающую среду, является показатель интегральной нагрузки, позволяющий оценить величину нагрузки технологии на основные компоненты природной среды единым числом, представляющим собой суммарную величину долей потребления ресурсов от их запасов на оцениваемой территории в результате функционирования технологии [1].

По наименьшей величине интегральной нагрузки, отнесённой на тонну добытого полезного ископаемого, может быть определён вариант наилучшей доступной технологии.

Методология оценки нагрузки горного производства на основные компоненты природной среды, базирующаяся на представлении нагрузки, как результате ресурсопотребления, разработана в ИПКОН РАН [2].

Мерой техногенного воздействия является нагрузка, представляющая собой степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйства на природу в целом или отдельные её компоненты и элементы. Количественным показателем воздействия на каждый природный ресурс являются отклонения фактических значений количества ресурса от его исходных (естественных) значений, которые могут быть результатом как непосредственного, так и опосредованного потребления ресурса. Непосредственно потребленный ресурс – это величина, на которую изменились запасы ресурса, в результате использования их непосредственно на осуществление технологического процесса, когда он полностью изменяет и утрачивает свои первичные свойства вследствие механических и физико-химических превращений. Опосредованно потребленный ресурс – это величина, на которую изменились запасы ресурса вследствие поступления в среду вещества и энергии, приводящего к ухудшению его состояния, в результате чего он утрачивает свои природные свойства.

В процессе добычи руд открытым способом происходит потребление ресурсов всех основных компонентов природной среды: недр, атмосферы, подземной и поверхностной гидросферы, почвенного покрова. Потребление некоторых из этих природных ресурсов может быть частично или полностью отнесено к конкретным технологическим процессам или объектам, однако значительная часть ресурсов не может рассматриваться как потребляемая тем или иным процессом. Эта часть ресурсов потребляется в целом всей совокупностью процессов, что обусловлено системными свойствами технологии.

Опробование предлагаемого подхода к оценке наименьшего уровня негативного воздействия на атмосферу выполнено применительно к условиям разработки одного из месторождений огнеупорных глин. В проекте разработки карьера рассмотрены два варианта, один из которых (базовый) предусматривает использование на вскрышных работах трёх экскаваторов (ЭКГ-5А, ЭШ-6/45, ЭШ-10/70) и автосамосвалов Белаз-540, второй – использование кранлайна ДПШ-15.43 и автосамосвалов Белаз-7549. В случае реализации второго варианта количество трудящихся на вскрышных работах уменьшатся с 32 до 20, почти в два раза сокращается расход электроэнергии, возрастает дополнительная прибыль. Однако увеличился расход топлива, что привело к возрастанию нагрузки на атмосферу.

Результаты расчётов нагрузки на атмосферу по рассмотренным вариантам представлены в таблице 1.

Расчёт нагрузки на атмосферу по базовому варианту вскрышных работ

Вещества	Удельные выбросы, г/кг	Нагрузка по базовому варианту, доли ед.	Нагрузка по второму варианту, доли ед.
СО	20	0,000177	0,000235
NO _x	75	0,001518	0,002021
Углеводороды	2,5	5,1E-06	6,79E-06
Альдегиды	1	5,46E-07	7,27E-07
SO ₂	10	0,000122	0,000163
Бензопирен	0,0001	0,000816	0,001086
Сажа	2	5,95E-06	7,93E-06
H ₂ O	350	7,14E-10	9.5E-10
CO ₂	3020	1.99E-07	2,65E-07
Всего		0,002644	0,003521

Общая нагрузка на атмосферу прилегающих к карьере территорий варианта с использованием на вскрышных работах кранлайна возросла с 0,0026 до 0,0035 долей единицы. Основным компонентом отрицательного воздействия на атмосферу являются выбросы токсичных газов дизельными двигателями автосамосвалов, результатом которых явилось возрастание опосредованного изъятия из атмосферы воздуха более чем в 1,3 раза. Таким образом, при одинаковом объёме производимой продукции уровень негативного воздействия на окружающую среду в районе производства открытых горных работ возрос.

Однако, следует учесть, что снижение расхода электроэнергии привело к снижению нагрузки на атмосферу за счёт карьерных потребителей в районе функционирования тепловой электростанции с 0,006 до 0,0027 долей ед.

Общая нагрузка на атмосферу за счёт реализации варианта разработки с применением кранлайна снизилась в 1,4 раза (табл. 2).

Таблица 2

Изменение общей нагрузки на атмосферу

Место оценки	Теоретическое потребление		Нагрузка	
	По базовому варианту, доли ед.	По второму варианту, доли ед.	По базовому варианту, доли ед.	По второму варианту, доли ед.
Карьер	3869563610	5152311511	0,002644	0,003521
Электростанция	8871763715	3974550144	0,006063	0,002716
Всего	1,2741 E+10	9126861655	0,008707	0,006237

Данное обстоятельство свидетельствует об однозначно положительном с экологических позиций результате внедрения новой технологии только в том случае, если генерирующие мощности расположены в одном районе с потребителем электроэнергии. Если же источник потребления электроэнергии находится на значительном удалении от потребителя, то положительный эффект технологии для территории расположения электростанции будет нивелироваться отрицательным для территории расположения добывающего предприятия. Т.е. окончательное решение может быть принято исходя из совокупности оцениваемых критериев.

Литература

1. Чаплыгин Н.Н., Галченко Ю.П., Папичев В.И., Жулковский В.Г., Сабянин Г.В., Прошляков А.Н. Экологические проблемы геотехнологий: новые идеи, методы и решения – М. : ООО Издательство Научтехлитиздат, 2009. – 320 с.

2. Папичев В.И. Оценка воздействия горного производства на окружающую природную среду с использованием ресурсного подхода. – М. : ИПКОНРАН, 2004. – 60 с.

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОЛЬМАТАЖ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Халимов И.У., Хакбердиев Ф.Х., Расулов А.Х.

halimov_i@bk.ru, Навоийский государственный горный институт,
Навои, Республика Узбекистан

При эксплуатации скважин наблюдается постепенное снижение их производительности. Объективной причиной постепенного уменьшения дебита скважин является кольматаж фильтров и прифильтровых зон водоносного пласта, который вызывает увеличение гидравлических сопротивлений и снижение притока воды в скважину.

Кольматаж широко распространен в природе, поэтому изучается во многих областях практической деятельности, связанных с комплексным использованием вод, сопровождаемым процессом фильтрации, фильтрования и очистки, разработкой нефтегазовых и других месторождений полезных ископаемых.

Процесс кольматажа проявляется при строительстве мелиоративных, гидротехнических, санитарно-технических и других сооружений, а также при очистке сточных вод.

Особое значение имеет знание этого явления и умение его прогнозировать и учитывать при гидрогеологических расчетах водозаборов подземных вод. Такие водозаборы имеют широкое и повсеместное распространение и должны обладать высокой эксплуатационной надежностью.

Необходимо подчеркнуть, что процесс кольматажа имеет не только негативные, но и позитивные последствия, способствующие более глубокой очистке и облагораживанию воды.

Изучению этого явления посвящено много работ, однако его учету в гидрогеологических расчетах водозаборов подземных вод уделено еще недостаточно внимания.

Под термином кольматаж понимается процесс заполнения порового пространства грунта (пород) более мелкими пылеватыми или глинистыми частицами, находящимися во взвешенном состоянии в фильтрующейся воде, результатом которого является уменьшение активной пористости грунтов и резкое снижение скорости фильтрации.

Кольматаж грунтов представляет собой совокупность физического и механического поглощения пылеватых и глинистых частиц грунтом, выражающегося в адсорбционном взаимодействии между частицами породы и взвесей, коагуляции и структурообразовании самих глинистых частиц и застревании частиц и агрегатов в порах грунта.

Роль каждого из факторов кольматажа в задержании частиц суспензии, фильтрующихся через грунты, определяется составом суспензий и самих грунтов.

В начальный период кольматажа накопление частиц в грунте происходит как за счет действия сил физико-химической природы, так и в результате механического задержания частиц.

Параллельно с изменением геофизических свойств кольматируемой породы происходит также изменение физико-химических и биологических свойств, как фильтрующейся воды, так и всей среды в целом.

На процесс кольматажа одновременно влияют факторы, определяемые природой материала, через который происходит фильтрация суспензий, а также факторы, связанные со свойствами кольматанта (заполнителя).

К основным факторам, характеризующим природу фильтрующего материала, относятся: гранулометрический, минералогический и химический составы, состав обменных катионов, микроструктура и структура фунта (особенности состава и сложения, пористость, форма и характер поверхности фильтрующей среды).

С точки зрения технологии бурения скважин процессы кольматажа имеют негативный характер.

Сооружение скважин и осадочных породах производится вращательным способом с прямой или обратной промывкой, причем наибольшее получило бурение с прямой про-

мывкой. При бурении вращательным способом, как при прямой, так и обратной промывке забоя, наблюдается поглощение промывочной жидкости, что является причиной кольматажа порового пространства прифилтровой зоны коллоидно-дисперсными частицами, приводящего к снижению производительности скважин.

В составе глинистых кольматирующих отложений могут быть как глины, используемые для приготовления промывочных жидкостей, так и глинистые породы слагающие кровлю водоносного горизонта, и в общем случае минералогический состав такого рода образований представлен монтмориллонитовыми, гидрослюдистыми, каолинитовыми группами или их сочетаниями.

В соответствии с современными представлениями о формировании структурных связей в глинистом осадке при их отложении в процессе бурения вероятнее всего возникают структуры с коагуляционными контактами, характерной особенностью которых является образование сцепления за счет молекулярных, магнитных, дипольных взаимодействий и наличия между частицами тонкой равновесной прослойки жидкости.

При оценке размеров зоны кольматажа и массы отложившихся глинистых образований важной характеристикой является их плотность.

Экспериментальными исследованиями, проведенными на объектах сельскохозяйственного водоснабжения, установлено, что при бурении скважин вращательным способом с промывкой глинистым раствором плотностью около 1140 кг/м^3 масса вынесенной глины после освоения находится в пределах 31,8...86,8 кг, причем доля после реагентной обработки изменяется от 44,7 до 73,6 % от общей массы глины. Размер зоны кольматажа изменяется от 36 до 77 мм.

Литература

1. Лунев Л.И. Условия применения и физико-химические основы подземного выщелачивания. – М. : МГРИ, 1982.
2. Медведев А.С. Выщелачивание и способы его интенсификации. – М. : МИСиС, 2005. – 240 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЯДЕРНО-МАГНИТНОЙ ТОМОГРАФИИ ПЛАСТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ

Семёнова К.М.

K_Semenova@vniigaz.gazprom.ru, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва, Россия

За последние годы условия поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа в России и за рубежом претерпели существенные изменения. Глубина разведочных и эксплуатационных скважин значительно возросла. Ведутся поиски и разработка залежей углеводородов более сложного строения с низкими значениями пористости и более жесткими термобарическими условиями залегания, с применением новых буровых растворов. Все это предъявляет новые требования к эффективности геофизических исследований скважин (ГИС), представляющих информацию, которая является основой для принятия решений как технических, так и научных на всех стадиях поисков, разведки, разработки и добычи нефти и газа.

Успех и эффективность применения новых технологий в таких условиях в значительной степени зависит от достоверности и полноты информации о физических свойствах пластов и насыщающих их флюидов. При этом может быть несколько реальных путей совершенствования такого информационного обеспечения. Это совершенствование технических средств и технологии исследования скважин, более глубокая и комплексная интерпретация геофизических материалов за счет применения компьютерных технологий регистрации и обработки получаемых данных, совершенствование методик и методических приемов использования результатов скважинных замеров, введение в комплекс ГИС новых (дополнительных) геофизических методов, позволяющих детализировать геолого-геофизические параметры вскрытого разреза или его отдельных интервалов.

Одним из методов, который на протяжении последних лет претерпел бурное развитие, широко применяется при исследовании скважин и зарекомендовал себя как эффективный метод изучения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) горных пород, является ядерно-магнитный резонанс (ЯМР). С момента его появления (как метода – в начале 60-х годов) определилось два основных направления применения ЯМР: изучение разрезов скважин и лабораторные исследования ядерно-магнитных свойств образцов породы и шлама [1].

Особое место среди других способов исследования способ каротажа на основе ЯМР, на базе которого разработана технология ядерно-магнитной томографии пластов (ЯМТП), заслужил благодаря своей физической особенности. Физико-техническими и петрофизическими предпосылками эффективности применения ЯМР-технологий при поисках, разведке и разработке нефтегазовых месторождений являются прямая связь измеряемых эффектов с количеством водородосодержащей жидкости и уникальная чувствительность на молекулярном уровне к ее подвижности. Это позволяет изучить структуру порового пространства осадочных, магматических, метаморфических пород с качественной оценкой распределения пористости по размерам пор, определить наличие, состав и свойства поровых флюидов в зоне исследования; в количественных показателях определить фильтрационно-емкостные характеристики горных пород, в том числе коэффициент общей пористости (независимо от литологии пород), коэффициент эффективной пористости, коэффициент остаточной водонасыщенности (с отдельным выделением долей капиллярно-связанной воды и воды глин); изучить наличие, состав и свойства остаточных флюидов в зоне исследования. Другими словами, ядерно-магнитный каротаж (ЯМК) является практически единственным прямым методом на подвижный флюид.

При этом ЯМР-исследования характеризуются простотой, экспрессностью, неструктурностью, экологичностью и практически не зависят от геометрии изучаемых зон и образцов. Существующие современные технологии с применением метода ЯМР в сильном магнитном поле, позволяют (в рамках лабораторных исследований) восполнить потерю петрофизической информации по альтернативным источникам, в качестве которых выступают некондиционный керн, буровой шлам и фрагменты разрушенной горной породы.

Однако для повышения результативности исследований способом ЯМК необходимо учитывать влияние геологических особенностей изучаемого разреза и технологических условий проводки скважин на его применение.

Так, возможность количественной оценки ФЕС коллекторов в полной мере можно отнести преимущественно к породам терригенных, в основном песчано-глинистых разрезов. Хотя и в карбонатных разрезах выделение коллекторов по данным ЯМК отличается высокой надежностью, методы количественной интерпретации, оправдавшие себя в терригенных отложениях, из-за недостаточной устойчивости в карбонатных породах оказались менее эффективными.

Метод надежно зарекомендовал себя при исследовании бурящихся скважин различной литологии на глинистом растворе. Применение в бурении новых типов промывочной жидкости для сохранения целостности ствола скважины, продуктивных пластов и т.д. негативно сказывается на качестве материалов исследований ЯМК, а иногда и вообще становится невозможной количественная обработка его данных, поскольку сигналы от промывочной жидкости превышают полезные сигналы от пластов-коллекторов с низкой пористостью.

К настоящему времени исследования методом ЯМР, а также опытно-промышленные испытания технологии ЯМТП выполнены на ряде объектов: газоконденсатные месторождения севера ЯНАО, Чаяндинское НГКМ, Оренбургское НГКМ [2, 3, 4]. Исследованные разрезы включали как осадочные, так и метаморфические породы. Продуктивные комплексы были представлены в основном терригенными (кварцевые и аркозовые песчаники) и карбонатными породами. Качество и достоверность результатов, полученных в ходе замеров, проведенных с применением отечественной аппаратуры магнитной томографии пластов, определялось возможностью решения геологических задач для объектов исследования. Анализ информативности результатов ЯМР-исследований по сопоставлениям с данными ГИС, керна и испытаний показал, что включение данного метода позволяет повысить эффективность изучения объекта. Кроме того, анализ результатов опытно-промышленных испытаний технологии ЯМТП в различных геолого-технологических условиях месторождений позволил разработать технико-технологические рекомендации по ее применению.

В связи с вышеизложенным, метод ЯМР по технологии ЯМТП может быть рекомендован как приоритетный дополнительный метод в комплексе детальных исследований вещественного состава и свойств пород как Западной, так и Восточной Сибири, а также Волго-Урала, где данные интерпретации материалов традиционных промыслово-геофизических исследований скважин имеют по тем или иным причинам недостаточную степень достоверности и/или информативности. Применение технологии ЯМТП позволит существенно повысить эффективность ГИС и исследований керна для решения задач оценки ФЕС и характера насыщенности сложнопостроенных коллекторов, а также для принятия управленческих решений по выбору интервалов объектов испытания, что является значимым фактором с учетом ограниченного времени испытаний потенциальных коллекторов, обусловленного жестким графиком движения буровых станков.

Литература

1. Митюшин Е.М., Барляев В.Ю., Мурцовкин В.А., Малинин А.В. Томографический ядерно-магнитный каротаж. – Тверь : НТВ «Каротажник», 2004. – С. 134-164.
2. Мухидинов Ш.В. Технология оперативных исследований нефтегазоносных отложений в разрезе бурящихся скважин на основе метода ядерно-магнитного резонанса: на примере Вынгаяхинского месторождения Зап. Сибири: Дис. ... канд. техн. наук. – М. : РГГРУ, 2011. – 124 с.
3. Бурханова И.О. Информативность ядерно-магнитного томографического каротажа в карбонатных разрезах, содержащих высокомолекулярные битумоидные соединения (на примере Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения) // Тезисы к докладу II-ой Ежегодной Конференции молодых специалистов ИПНГ РАН. – М.: ИПНГ РАН, 2012. – С. 17-19.
4. Колотущенко Л.Д., Малинин А.В., Рудаковская С.Ю. Изучение продуктивных отложений вендского терригенного комплекса на Юго-Западе Якутии ядерно-магнитными методами // Каротаж. – 2014. – № 2. – С. 18-34.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ ГАЗА НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ПЛОТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ РОССИИ

Семёнова К.М.

K_Semenova@vniigaz.gazprom.ru, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва, Россия

Одна из наиболее перспективных областей развития минерально-сырьевой базы (МСБ) – освоение нетрадиционных источников углеводородов (УВ), в том числе газа низкопроницаемых плотных коллекторов (НПК), геологические ресурсы которых во многих осадочных бассейнах мира значительно превосходят ресурсы «традиционного» газа.

Многие страны, в силу значительного истощения запасов УВ в последние годы активно разрабатывают программы поисков и оценки нетрадиционных ресурсов газа и нефти (США, Канада, Япония, Индия, Аргентина и другие). При этом, в некоторых странах в настоящее время доля газа, добываемого из НПК, в суммарной добыче из нетрадиционных источников весьма высока (в США около 40%).

Геологическое сходство газовых скоплений в НПК с «традиционными» газовыми залежами свидетельствуют о приоритетной готовности ресурсов НПК к освоению. В связи с этим необходимо ускорение процесса их изучения – выявление закономерностей их распространения, совершенствование методов поиска скоплений и зон улучшения фильтрационно-емкостных свойств плотных коллекторов, оценки ресурсов и подсчет запасов, технологий извлечения и т.д. с целью последующего освоения.

В России, в условиях достаточности запасов и ресурсов «традиционного» газа, освоение нетрадиционных ресурсов, в том числе газа НПК, долгое время не было актуальным.

Так, точное понятие «низкопроницаемый плотный коллектор» в настоящее время пока не сформулировано. Однако, ориентируясь на опыт российских и зарубежных исследователей, можно сделать вывод, что в газовой геологии низкопроницаемыми считаются пласты с матричной проницаемостью ниже $0,001-0,0001 \text{ мкм}^2$ (1-0,1 мД). Причем понятие «низкопроницаемый» относится преимущественно к поровым и порово-трещинным коллекторам. Трещиноватые карбонатные пласты и породы фундамента, в которых проницаемость определяется не матрицей, а степенью развитости системы трещин, через которые и фильтруются УВ, также можно отнести к низкопроницаемым (часто с определенной долей приближения) [1]. НПК – это, как правило, низкопористые разности (коэффициент пористости ниже граничного для конкретных геологических условий), однако, внутреннее строение их существенно различно. Поровое пространство плотных пород крайне неоднородно и сложно по строению. Размеры пор, морфология, степень извилистости, форма их взаимосвязи определяется интенсивностью и последовательностью постседиментационных процессов. Практически все эти коллектора в той или иной степени затронуты растворением, выщелачиванием, доломитизацией, сульфатизацией.

НПК условно можно разделить на два класса:

- НПК открытых разведываемых и разрабатываемых месторождений;
- НПК глубокозалегающих нефтегазоматеринских толщ.

Газонасыщенные НПК развиты в отложениях от рифея до неогена практически во всех нефтегазоносных провинциях (НПП) России: Тимано-Печорской (силурийско-девонского возраста); Западно-Сибирской (породы осадочного триаса, юры, низов неокома); Лено-Тунгусской (рифей, венд, кембрий); Лено-Вилуйской (пермь-карбон); Волго-Уральской (отложения девона-карбона); Северо-Кавказской (в диапазоне триас-мел); Охотоморской (низы неогена) [1, 2]. Наибольшим ресурсным потенциалом газа (также как и нефти) в НПК характеризуется Западно-Сибирская мегапровинция, по объему сопоставимым с суммарными ресурсами газа в НПК Европейской части России, Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Опыта целенаправленной разработки НПК в российской газовой промышленности пока не существует, если не считать опытно-экспериментальную разработку участков ачимовской толщи Уренгойского месторождения (Западная Сибирь) [3].

В целом, возможность реального вовлечения в рыночный оборот ресурсов газа НПК определяется комплексом технологических и экономических факторов, одновременно действующих в каждой локальной области, такими как ресурсный потенциал участка, геолого-геофизическая изученность интервалов НПК (в рамках открытых залежей «традиционных коллекторов»), развитие инфраструктуры региона, необходимость освоения ресурсов газа НПК с точки зрения остаточных запасов газа «традиционных» коллекторов и другими.

Скопления УВ, в том числе газа, на больших глубинах (5-7 км) занимают особое положение. Мелкие и средние месторождения газа, особенно с высоким содержанием конденсата, могут быть встречены под локальными покрывками промежуточных комплексов (глубокозалегающих нефтегазоматеринских толщ) во всех вышеназванных НГП, включая шельф о. Сахалин. К сожалению, ожидать высокопроницаемые коллекторы на глубинах более 4500 м не приходится, так как в большинстве осадочных бассейнов породы на этих глубинах прошли стадию уплотнения и частичной метаморфизации, поэтому флюиды из них уже «отжаты» в вышележащие пласты, а пористость и проницаемость чрезвычайно малы. Исключение составляют бассейны с высокой скоростью осадконакопления в неоген-четвертичное время (в России – это Предкавказский краевой прогиб). Однако, даже высокие ресурсы газа (более 60 млрд м³ в пределах одного месторождения) не позволяют разрабатывать эти залежи с приемлемой экономической эффективностью вследствие большой глубины их залегания, малых дебитов скважин на известных примерах и значительных капитальных и эксплуатационных затрат на обустройство и функционирование газодобывающего комплекса. Ввиду высокой стоимости глубокого бурения разведанность ресурсов УВ даже в столь хорошо разбуренном районе, как Предкавказский прогиб, оставляет желать лучшего.

В рамках открытых месторождений по результатам выполненной геолого-экономической оценки в качестве первоочередных объектов для проведения опытно-промышленных работ с возможностью дальнейшей разработки залежей в НПК рекомендованы сенонские, туронские, ачимовские и юрские отложения месторождений Надым-Пур-Тазовского региона (Ямбургская, Северо-Уренгойская, Падинская, Песцовая и другие площади). В качестве первоочередных объектов для изучения могут быть рекомендованы плотные коллектора месторождений Европейской части России с объемом перспективных ресурсов газа более 25 млрд м³, мощностью коллекторов более 20 м, порово-трещинным и трещинным типами коллектора, в т.ч. плотные коллектора Оренбургского, Астраханского, Центрально-Астраханского и Вуктыльского месторождений. По совокупности вышеприведенных факторов для реализации опытной добычи газа НПК первоочередным перспективным объектом за пределами Западно-Сибирской НГП является район Оренбургского НГКМ, обладающий хорошим ресурсным потенциалом газа НПК и возможностью реального вовлечения его в разработку при истощении «традиционных» запасов. При этом следует отметить (по экспертным оценкам) крайне низкую перспективность освоения терригенных образований в рамках Лено-Тунгусской, Лено-Вилуйской, Охотоморской НГП в связи с их малыми мощностями, рассеянным содержанием газа и высоким ресурсным потенциалом «традиционных» скоплений.

Не смотря на ряд технико-экономических трудностей, в заключение следует отметить, что освоение ресурсного потенциала газа НПК является одним из наиболее эффективных решений восполнения МСБ в районах с падающей добычей, дефицитом ресурсного потенциала.

Литература

1. Гулев В.Л., Гафаров Н.А., Высоцкий В.И. и др. Нетрадиционные ресурсы газа и нефти. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2014. – 284 с.
2. Скоробогатов В.А., Кузьминов В.А., Салина Л.С. Ресурсы газа в низкопроницаемых коллекторах осадочных бассейнов России и перспективы их промышленного освоения // Газовая промышленность. Спецвыпуск: Нетрадиционные ресурсы нефти и газа. – М.: 2012. – С. 43-47.
2. Якушев В.С., Перлова Е.В., Истомина В.А. и др. Ресурсы и перспективы освоения нетрадиционных источников газа в России. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 152 с.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ГОРНОРУДНЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ

Серпуховитина Т.Ю.

uchrggru@yandex.ru, Старооскольский филиал ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе», Старый Оскол, Россия

На территории Губкинского и Старооскольского промышленных регионов находятся предприятия горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, металлургические, машиностроительные и металлообрабатывающие производства, заводы строительных материалов, производства легкой и пищевой промышленности. Таким образом, на рассматриваемой территории сосредоточен большой комплекс техногенных образований, оказывающих достаточно высокую нагрузку на атмосферу и другие компоненты окружающей среды.

По данным инвентаризации на существующее положение в г. Губкине и г. Старый Оскол насчитывается порядка 70% организованных источников выбросов, 50% источников оборудованы пылегазоочистными установками. В общей сложности воздушный бассейн городов Губкина и Старого Оскола загрязняется выбросами более 100 промышленных предприятий.

Организована городская система учета объектов и предприятий, загрязняющих окружающую природную среду. Контроль загрязнения атмосферы осуществляется комплексной лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Старый Оскол Белгородской ЦГМС – филиала «Центрально-Черноземное УГМС».

В течение 2016 года проводился регулярный контроль за состоянием атмосферного воздуха в г.г. Старый Оскол и Губкин. Отбор проб воздуха в г. Старый Оскол проводился на трех стационарных постах: ПНЗ № 1 (м-н Лебединец), ПНЗ № 2 (ул. Октябрьская, 5), ПНЗ № 3 (м-н Жукова, 28). В г. Губкин отбор проб воздуха проводился на двух стационарных постах. на ПНЗ № 1 (п. Лебеди, ул. Народная, 2б), на ПНЗ № 3 (ул. Советская, 25). В целом по городам были отобраны и проанализированы пробы на следующие ингредиенты: пыль, диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, оксид азота, формальдегид, фенол и сероводород.

Таблица 1

Информация по выбросам г. Губкин – 2016 г.

Месяц/ загрязняющее вещество	Пыль мг/м ³		Диоксид серы мг/м ³		Оксид углерода мг/м ³		Диоксид азота мг/м ³	
		ПДКс.с		ПДКс.с		ПДКс.с		ПДКс.с
Январь	0,1	0,7	0,007	0,12	1,0	0,3	0,05	1,25
Февраль	0,1	0,7	0,006	0,14	1,0	0,3	0,03	1,25
Март	0,1	0,7	0,007	0,14	1,0	0,3	0,03	0,75
Апрель	0,1	0,7	0,006	0,12	1,0	0,3	0,03	0,75
Май	0,1	0,7	0,006	0,12	1,0	0,3	0,03	0,75
Июнь	0,1	0,7	0,006	0,12	1,0	0,3	0,04	0,75
Июль	0,1	0,7	0,007	0,14	1,0	0,3	0,04	0,75
Август	0,1	0,7	0,006	0,12	1,0	0,3	0,03	0,75
Сентябрь	0,1	0,7	0,006	0,12	1,0	0,3	0,03	0,75
Октябрь	0,1	0,7	0,007	0,16	1,0	0,3	0,03	0,75
Ноябрь	0,1	0,7	0,007	0,15	1,0	0,3	0,03	0,75
Декабрь	0,1	0,7	0,008	0,16	1,0	0,3	0,03	0,75
Средняя по году	0.1081		0.0068		0.9067		0.0348	

В течении 2016 года экстремально-высокого и высокого уровней загрязнения не отмечалось.

По рекомендации Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) рекомендован годовой стандарт концентрации диоксида азота $0,04 \text{ мг/м}^3$, выше этого уровня наблюдается нарушение дыхания, кашель.

Тяжелые металлы. В течении года отобраны пробы для проведения анализов на содержание тяжелых металлов (железо, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец) в атмосферном воздухе. Превышения ПДК не выявлены. Средние концентрации по свинцу $0,0076 \text{ мкг/м}^3$ (ПДК – $0,3 \text{ мкг/м}^3$), по железу $2,19 \text{ мкг/м}^3$, меди – $0,0465 \text{ мкг/м}^3$ (ПДК $2,0 \text{ мкг/м}^3$), цинку – $0,0932 \text{ мкг/м}^3$ (ПДК 50 мкг/м^3), никелю – $0,00889 \text{ мкг/м}^3$ (ПДК 1 мкг/м^3), марганцу $0,0312 \text{ мкг/м}^3$ (ПДК $1,0 \text{ мкг/м}^3$), хрому $0,0412 \text{ мкг/м}^3$ (ПДК $1,5 \text{ мкг/м}^3$).

Бенз(а)пирен. В течении года отобраны пробы для проведения анализов на содержание бенз(а)пирена в атмосферном воздухе. Средняя концентрация по г. Губкину составила $0,477 \text{ мкг/м}^3 * 10^{-3}$ (ПДК $1,0 \text{ мкг/м}^3 * 10^{-3}$). По г. Старый Оскол составила $0,48 \text{ мкг/м}^3 * 10^{-3}$ (ПДК $1,0 \text{ мкг/м}^3 * 10^{-3}$). Максимальная концентрация $1,1 \text{ мкг/м}^3 * 10^{-3}$ наблюдалась в январе). Наибольшая концентрация наблюдалась в холодный период, что обусловлено низкой температурой воздуха и использование вследствие этого большого количества топлива. Он чрезвычайно токсичен для человека даже при малой концентрации, поскольку обладает свойством накапливаться в организме до критических концентраций, необходимо усилить контроль за качеством ведения технологических процессов в соответствии с требованием по соблюдению норм воздействия на окружающую среду.

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), характеризующий уровень хронического длительного загрязнения воздуха составил 3,55.

Анализируя мониторинговую информацию наблюдаем, что в течении года увеличение средних концентраций по диоксиду азота наблюдалось в январе, по диоксиду серы в ноябре-декабре, по пыли в ноябре, бенз(а)пирену в ноябре, по остальным ингредиентам – равномерное в течение года.

Исследуя воздействие выбросов промышленных предприятий на атмосферный воздух населенных пунктов региона установлено, что наиболее значимыми источниками загрязнения атмосферного воздуха являются: взрывные работы на железорудных карьерах, незарегулированные участки хвостохранилищ и отвалов рыхлой вскрыши ГОКов, автомобильный транспорт, предприятия ТЭЦ, металлургии и строительных материалов при нестационарных режимах работы.

Бурный рост промышленности в нашем регионе оказывает негативное влияние на окружающую среду, однако нет смысла отказываться от развития промышленности. Но развивая и реконструируя ее, мы должны исходить из современных требований к защите окружающей среды, к надежности всех систем, исключая техногенные катастрофы.

Учитывая сложившуюся обстановку на территории была разработана Государственная территориальная программа «Экология и природные ресурсы Белгородской области», где одним из приоритетных направлений является рациональное, неистощительное и экономное использование невозобновляемых природных ресурсов (минеральных, водных, земельных), воспроизводство возобновляемых природных ресурсов. Экономия минерально-сырьевых, топливных, энергетических ресурсов на производстве и в быту.

Литература

1. Научная электронная библиотека научных и технических журналов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
2. Жилинкова А.П., Серпуховитина Т.Ю. Экономическое стимулирование природоохранной деятельности, как один из показателей стабильности региона. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014 г. – № 8. – С. 243-250.

КРУПНОМАСШТАБНОЕ ОПРОБЫВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖМК КАССЕТНЫМ ТРАЛОМ

Каширский А.С.

kashirsky@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), 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 [1-4].

Железомарганцевые образования дна Мирового океана рассматриваются как минеральное сырьё будущего, причем ближайшего 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 (ТПИ) 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 Кларин-Клиппертон с содержанием: марганец (Mn) = 27,3%, никель (Ni) = 1,24%, медь (Cu) = 1,01%, кобальт (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 апреле 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). Однако это относится только к тем месторождениям, которые залегают вне пределов континентального шельфа, принадлежащего конкретным государствам. Конвенция определила в Мировом океане 2 региона:

– эксклюзивная экономическая зона (EEZ) – 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 общечеловеческими 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, бурением [6].

Можно констатировать, что весь комплекс прогнозно-поисковых, разведочных и оценочных работ по подготовке к освоению подводных залежей ЖМК должен обеспечить получение сведений о геолого-структурных и геоморфологических условиях залегания, а также вещественного состава конкреций и их геохимических, минералогических и экогеохимических особенностях.

Применение разработанного в Московском горном институте кассетного трала (Патент РФ №2562304 от 11.08.2015 г.), оснащенного контролирующей аппаратурой, вслед-

ствие его способности отбирать большие объемы проб с обширных площадей способно обеспечить получение исходного материала и сведений для выполнения большинства из вышеизложенных требований (рис. 1).

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, оценка и прогноз геологических основ, а также методологию изучения геологической среды. Идеальный результат опробования – получение максимума информации за минимально короткое время и с наименьшей трудоемкостью [6-9].

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 [11].

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 ($q_{зал}$) конкреций.

При определении параметров кассетного трала и расчетах его технологических возможностей учитывались многолетний зарубежный и отечественный опыт морских геологоразведочных и горно-разведочных работ попыток разработки ЖМК в Мировом океане, разведочные данные конкрециеносных площадей как в международных, так и в российских водах, а также опыт разработки континентальных месторождений раздельно-зернистых горных пород и экскавации разрыхленных твердых пород.

Например, железомарганцевые конкреции российского разведочного участка Кларин-Клиппертон залегают на глубинах до 4800 м в один слой на донных осадках. Диаметр конкреций 2÷12 см, средняя плотность залегания 14,7 кг/м² (от 12,0 до 20,8 кг/м² во влажном виде и от 9,4 до 14,2 кг/м² в сухом), ориентировочная площадь месторождения – 30000 км² (3 млн га).

На месторождениях ЖМК в шельфовой зоне Российской Арктики плотность залегания от 0,1 кг/м² до 50 кг/м², 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 кг/м² 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.

ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СКВАЖИНАМИ НА СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ

Халимов И.У., Хакбердиев Ф.Х., Расулов А.Х.

halimov_i@bk.ru, Навоийский государственный горный институт,
Навои, Республика Узбекистан

Ячеистые системы состоят из равномерно чередующихся на рудной залежи закачных и откачных скважин, образующих треугольные, четырехугольные, гексагональные и другие ячейки. Наиболее распространенным видом схемы размещения скважин являются: линейная схема с чередующимися откачными и закачными рядами; и гексагональная схема закачных скважин с откачной скважиной в центре каждой гексагональной ячейки. Однако при узкой вытянутой залежи применяется однорядная схема чередующихся закачных и откачных скважин

Расстояние между скважинами играет одну из основных ролей в процессе добычи минерала методом подземного выщелачивания и существенно влияет на степень извлечения минерала. В данном подразделе исследовано влияние расстояний между скважинами в ряду и между рядами.

Рассматривается симметричная часть блока размером $60\text{ м} \times 30\text{ м} \times 4\text{ м}$, покрытая двумя скважинами, одной откачной и одной закачной. Скважины располагаются по оси x на расстояниях друг от друга: (а) 20 м, (б) 30 м и (в) 40 м. Для указанных расположений скважин получены распределения давления, поля скоростей, распределения минерала в пласте, полезного компонента и реагента (рис. 1) в пласте.

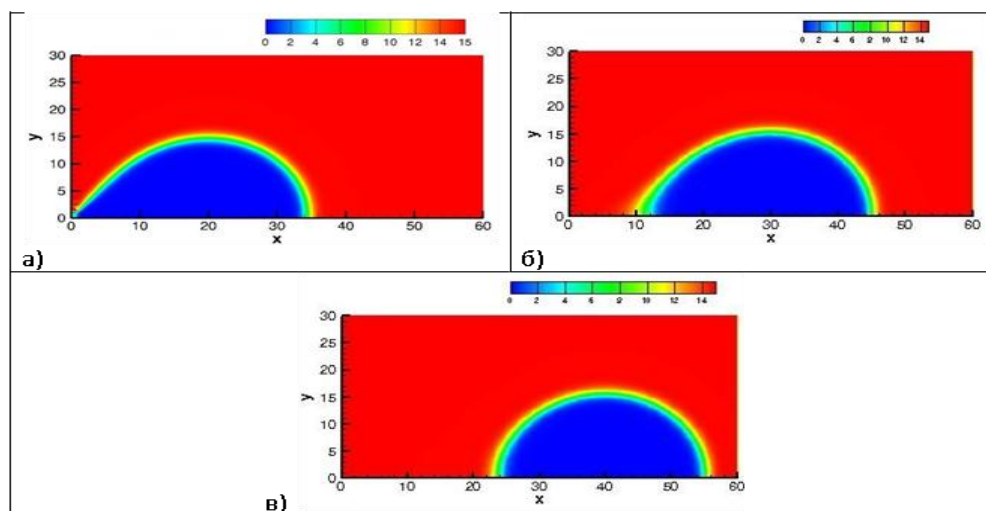


Рисунок 1. Распределение минерала в пласте при $T = 95$ сут:
а) $L = 20$ м, б) $L = 30$ м, в) $L = 40$ м

Результаты расчета показывают, что во всех трех случаях образуются застойные зоны, приводящие к снижению степени извлечения минерала. Из результатов расчета можно заключить, что изменение расстояния между скважинами в ряду значительным образом сказывается на степени извлечения минерала. В таблице 1 приведены данные по степеням извлечения, концентрации минерала на откачных скважинах в один и тот же момент времени для указанных трех расположений скважин. В случае малых расстояний между скважинами ($L = 20$) концентрация минерала в продуктивном растворе на откачной скважине достаточно быстро падает, происходит гораздо быстрее извлечение минерала, но за счет того, что реагента не достигает всей области, происходит снижение степени извлечения минерала. Для случая расстояния между скважинами равным $L = 30$, получено максимальное извлечение минерала. В случае $L = 40$, когда закачная скважина расположена на боль-

шем расстоянии от откачной скважины, для достижения минералосодержащего продуктивного раствора в откачную скважину требуется больше времени, в связи с чем, концентрация растворенного минерала на откачной скважине гораздо выше, чем в первом случае. Результаты расчета показывают, что для данного расположения скважин имеет место растекание раствора за границы блока. Из всех предложенных вариантов второй является оптимальным, поскольку за одинаковое время из рассматриваемой области извлекается больше минерала.

Таблица 1

Полученные расчетные данные при варьировании межрядного расстояния

Расстояние между скважинами (м)	Степень извлечения (%)	Значение минерала на откачной скважине (г/л)	Время отработки месторождения (сут)
L = 20	65.7	0,08	600
L = 30	80	0,2	600
L = 40	78.6	0,32	600

В таблице 1 приведены данные по степеням извлечения, концентрации минерала на откачных скважинах в один и тот же момент времени для указанных трех расположений скважин. Результаты расчетов показывают, что уменьшение межрядного расстояния между скважинами не является эффективным способом повышения степени извлечения пласта. Из предложенных вариантов расположения, наиболее эффективным расположением скважин является второй, так в этом случае происходит наиболее полное извлечение минерала.

Литература

1. Медведев А.С. Выщелачивание и способы его интенсификации. – М. : МИСиС, 2005. – 240 с.
2. Алибаева К.А. «Расчет степени извлечения минерала при добыче методом подземного выщелачивания». // Материалы II-го международного конгресса молодых ученых «Мир науки» – Алматы, 2008. – С. 56-57.

S-IX

**СЕКЦИЯ МЕХАНИКИ, МЕХАНИЗАЦИИ
И ЭНЕРГЕТИКИ**

ОСВОЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

Башкуров А.Ю., Сынбулатов Б.Р.

bashkurov_A@inbox.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В соответствии с программой развития геологической отрасли, а также по данным Федерального агентства по недропользованию в ближайшие годы запланировано увеличение объемов бурения разведочных скважин на твердые полезные ископаемые, предусматривается расширение объемов бурения гидрогеологических и водозаборных скважин, а также намечено наращивание объемов бурения разведочных скважин на углеводороды, что в свою очередь определяет значимость правильного обоснования оптимального варианта энергообеспечения геологоразведочных предприятий.

В настоящее время основным моментом, позволяющим решать проблемы энергетики объектов геологоразведочной отрасли, является нахождение путей наиболее эффективного (как экономически, так и технически) использования энергетических ресурсов посредством применения экономически обоснованных технических решений. Что в свою очередь, означает – правильный выбор варианта энергоснабжения и его элементов, а также своевременный переход при необходимости к более экономичному варианту, применительно к изменяющимся условиям разведки.

На кафедре механизации, автоматизации и энергетики горных и геологоразведочных работ РГГРУ разработаны типовые ветро-дизельные энергетические комплексы (ВДЭК) для стационарных и передвижных вариантов энергоснабжения буровых работ, предложены схемы энергоснабжения буровых работ при использовании ВДЭК.

В связи с тем, что на геологоразведочных работах огромное значение отводится к получению тепловой энергии, для получения которой не требуется электроэнергия высокого качества, то в условиях Крайнего Севера приемлемыми и перспективными вариантами системы энергоснабжения буровых работ могут быть ВДЭК, применяемые для автономного энергоснабжения удаленных объектов.

Применение возобновляемых источников энергии в составе автономных систем энергоснабжения позволяет снизить стоимость электроэнергии, за счет снижения топливной составляющей в себестоимости вырабатываемой электрической энергии, тем самым существенно уменьшить затраты на энергоснабжение объекта и повысить технико-экономическую эффективность геологоразведочных работ.

Дальнейшее развитие геологоразведочных работ связано с освоением месторождений в удаленных и труднодоступных районах РФ, большинство из которых расположены в районах с суровыми климатическими условиями – Сибирь, Дальний Восток, Крайний Север. В этих районах энергоснабжение геологоразведочных работ, не имеет связи с энергетической системой и обычно осуществляется от автономных дизельных и газотурбинных электростанций, что в свою очередь требует сезонную или круглогодичную доставку топлива к месту работ, что значительно сказывается на повышении затрат и себестоимости энергии.

Освоение возобновляемых источников энергии, таких как ветер, гидро, био, является приоритетным направлением в энергетических решениях геологоразведочных работ в современных условиях.

Литература

1. Лимитовский А.М., Меркулов М.В., Косьянов В.А. Энергообеспечение технологических потребителей геологоразведочных работ. – М. : ООО «ИПЦ МАСКА», 2008. – 5 с.
2. Лимитовский А.М. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ, – М. : Недра, 1998 г.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПОСЛЕ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ ПО КЛИМАТУ

Дегтерев А.Х.

degsebal@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В декабре 2015 г. в Париже было принято соглашение, имеющее большое значение для дальнейшего развития энергетики. Решение о сокращении выбросов CO₂ неминуемо отразится на перспективах углеводородной энергетики. Одним из пунктов соглашения является разработка уже к 2020 году национальных стратегий перехода на «зеленые» технологии и безуглеродную экономику. Столь короткие сроки связаны с тем, что соглашение принималось в обстановке, которая существенно отличалась от имевшей место во время подписания Киотского протокола (1997 г.). Теперь влияние промышленных выбросов углекислого газа на изменение климата уже нельзя считать просто научной гипотезой. В последние годы данные измерений зафиксировали ряд изменений в окружающей среде, которые позволяют говорить о влиянии промышленных выбросов CO₂ на климат как о доказанном факте. Так, в 2015 г. впервые зафиксировано превышение средней глобальной температуры воздуха у поверхности Земли на 1 °С по сравнению с доиндустриальным периодом. К этому времени также выяснилось, что температура растет в последние десятилетия примерно на 0,1 °С в год, а не на 0,01 градуса, как считалось ранее. А измерения содержания углекислого газа в атмосфере показали, что оно уже превысило 400 миллионных долей. По сравнению с доиндустриальным значением это соответствует увеличению его более чем на треть. Несомненным стало и значительное увеличение повторяемости в различных районах Земного шара сильных засух, наводнений и ураганов.

Основные выбросы CO₂ приходятся на США, Индию, Китай, Японию и ЕС, то есть как на развитые, так и на развивающиеся страны. Выход состоит в сокращении выбросов углекислого газа как за счет перехода на энергосберегающие технологии (например, светодиодное освещение), так и за счет освоения новых источников энергии, не связанных со сжиганием ископаемого топлива. За последние годы уже достигнуты значительные успехи в развитии возобновляемых источников энергии, в частности, солнечных электростанций. Постепенно выводятся из эксплуатации наиболее загрязняющие атмосферу угольные энергоблоки, за счет чего цены на уголь за последние 5 лет уменьшились в 2,5 раза. Можно ожидать, что переход на новые технологии в энергетике аналогично скажется и на нефтегазовой отрасли, имеющей особое значение для России, как крупнейшего экспортера природного газа. Намечилась тенденция к созданию эффективных электромобилей в мировом автомобилестроении. Тем не менее, пока основными источниками энергии остаются традиционные уголь, нефть и газ, на которые приходится 29%, 33% и 25%. По прогнозам даже к 2040 г. эта пропорция не сильно изменится: на уголь, нефть и газ в мировом энергетическом балансе так и будет приходиться примерно по 25% [1]. Интересно отметить, что еще одним аргументом в пользу перехода на «безуглеродную» экономику является постепенное истощение разведанных запасов традиционного углеводородного топлива, то есть нефти и природного газа. По оценкам специалистов их хватит при нынешних темпах потребления только на 50-80 лет. А ведь на самом деле мировое энергопотребление продолжает расти на 1-2% в год, что связано, в том числе, и с продолжающимся увеличением численности населения на 100 млн человек в год. Таким образом, в целях сохранения устойчивого развития за оставшиеся несколько десятков лет должны быть разработаны новые технологии в энергетике, осуществлен постепенный переход на новые источники энергии.

Говоря об альтернативной энергетике, обычно имеют в виду развитие солнечной и ветровой энергетике, забывая, что ядерная энергетика – тоже «безуглеродная». Ее развитие полностью отвечает духу Парижского соглашения. Разумеется, при этом необходимо совершенствовать соответствующие технологии, чтобы не допустить в будущем аварий на атомных станциях. Важным резервом являются и принципиально новые источники ядер-

ной энергии, основанные на термоядерном синтезе и применению реакторов на быстрых нейтронах. Опыт показывает, что переход на новые источники энергии происходит медленно. Так, 50 лет назад, в конце шестидесятых годов, многие рассчитывали на быстрое развитие термоядерной энергетики. В разных странах были построены сотни исследовательских реакторов различных типов, однако до сих пор вопрос о создании промышленных реакторов пока не решен. Выяснилось, например, что коммерческий термоядерный реактор должен быть достаточно большим из-за больших потерь энергии на тепловое излучение. Придется сразу строить реактор с установочной мощностью порядка 1000 МВт. Соответственно, увеличивается стоимость такого рода установок, что, в свою очередь, требует международной кооперации. В настоящее время осуществляется международный исследовательский проект ITER, в рамках которого только к 2030 г. планируется получить результаты, позволяющие перейти к промышленному освоению термоядерной энергии.

Когда говорят об атомных станциях, то обычно имеют в виду их долю не в энергетическом балансе, а только в производстве электроэнергии. В последние годы эта доля стабильно составляет 12-15% и по прогнозам она такой и останется до 2040 г. В то же время в полном энергетическом балансе доля атомной энергии составляет лишь 2,5%. Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии уже достигает 20% и прогнозируется ее увеличение к 2030 г. до 30%. Таким образом, пока сохраняется тенденция опережающего развития «зеленой» энергетики.

В настоящее время в России большое внимание уделяется развитию атомной энергетики, связанной с урановыми реакторами на быстрых нейтронах [2]. Природный уран представлен в основном изотопом уран-238, а в традиционных реакторах на медленных нейтронах используется другой изотоп – уран-235, на который приходится лишь 0,7% в природной смеси изотопов. Поэтому по существу традиционная атомная энергетика обеспечена топливом только примерно на те же 80 лет, что и «углеводородная энергетика», использующая природный газ и нефть. В этом смысле переход на «быстрые» реакторы увеличивает ресурсную базу ядерной энергетики сразу на два порядка. Хотя пока основу мировой ядерной энергетики составляют атомные электростанции, работающие на медленных нейтронах, уже в 20-х годах нынешнего столетия прогнозируется определяющая доля реакторов, работающих на уране-238 [2]. Кроме того, реакторы на быстрых нейтронах позволяют утилизировать отработанное топливо, то есть замкнуть ядерный цикл. Это тоже очень важно, имея ввиду большое количество накопившихся во всем мире запасов отработанного ядерного топлива. Немаловажное значение имеет и тот факт, что Россия является мировым лидером в области разработки реакторов на быстрых нейтронах. Развитие этого направления позволит скомпенсировать потери, связанные с сокращением мирового спроса на углеводородное топливо в ближайшие десятилетия. Таким образом, именно комплексное развитие ядерной энергетики, основанной на реакторах как на быстрых, так и на тепловых нейтронах, позволит в значительной мере скомпенсировать дефицит энергии в ближайшие десятилетия в связи с сокращением мощностей традиционной углеводородной энергетики.

Литература

1. Бушуев В.В., Громов А.И. Энергетическая стратегия – 2050: Методология, вызовы, возможности. – Энергетическая политика. 2013, № 2.
2. Асмолов В.Г. Российская ядерная энергетика сегодня и завтра. – Теплоэнергетика. 2007, № 5.

СТЕНДОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСА КОЛОННЫ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Завалишин Н.С. (Научный руководитель М.Ю. Крылков)

m.krylkov@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Увеличение частоты вращения колонны бурильных труб (КБТ) в определенных условиях приводит к видимому изменению кинематики КБТ. Возникают сложные упругие проворачивания КБТ вокруг несобственных осей, разного вида, параметрические колебания [1], виброударные явления. Сложное сочетание изгибных и крутильных колебаний КБТ приводит к быстрому износу бурового инструмента и как следствию, к повышению аварийности. До сих пор работа КБТ в глубоких скважинах не может быть однозначно описана дифференциальными уравнениями, поэтому для её изучения нами создан учебный стенд.

На созданном стенде для лабораторного моделирования резонансов использовался трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, а для регулирования его скорости вращения и момента - частотный преобразователь MD310T0.4B.

Внешнее воздействие создается путем искривления модели скважины. Изменение упругости и демпфирование осуществляется за счет включения пружин в модель колонны и тормоза на её забойном конце.

Для автоматизации экспериментов используется технология LonWorks, реализованная на Альфа-контроллере компании ЭТОЛОН и сервере i.LON 600 корпорации Echelon. Последний предназначен для передачи пакетов между сетью Ethernet (в аудитории 3-24) и полевой сетью LonWorks.

Для настройки и программирования контроллера использовался пакет Visual Control и пакет Lonmaker.

Для построения графиков зависимостей используется SCADA-система.

Опыты показывают, что путем небольшого плавного изменения частоты вращения КБТ можно обойти периодически возникающие резонансные явления, связанные с искривлением ствола скважины. Теоретические расчеты показывают, что резонанс возникает, если частота вращения совпадает с собственной частотой колебаний КБТ (или кратна ей). В последние 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.

Данный учебно-научный стенд позволяет студентам продемонстрировать не только процессы ведущие к возникновению резонанса в частности из-за искривленности участков скважины, но и знакомит их с новыми для МГРИ информационными технологиями, применительно к автоматизации и оптимизации процесса бурения.

Литература

1. Шмидт Г. Параметрические колебания, пер. с нем. – М., Мир. 1978. – 336 с.
2. Тирш Ф. Введение в технологию LONWORKS. пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 2001. – 144 с.
3. Дитмар Дитрих, Дитмар Лой, Ганс Юрген Швайцнер. LON-технология: построение распределенных приложений Пер. с нем. – под ред. О.Б. Низамутдинова. – Пермь : Звезда, – 1999-424 с.

ГИБРИДНАЯ СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Завацки С., Куликов В.В.

kulikovvv@mgi-rggru.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Объёмное регулирование требует сложного в изготовлении и эксплуатации дорогостоящего оборудования – регулируемого насоса и/или регулируемого гидравлического двигателя. Применение регулятора потока в составе гидросистемы характеризуется резким изменением осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент при бурении скважин в перемежающихся по механическим свойствам горных породах.

Таким образом, механизм подачи буровой установки дроссельной конструкции является наиболее отвечающим процессу эффективной углубки скважины. При параллельной схеме подключения дросселя при бурении скважин в горных породах невысоких категорий по буримости, режим течения рабочей жидкости гидропривода в дроссельной щели ламинарный или турбулентный доквадратический, а при разбурировании пород средних категорий по буримости и пород высоких категорий – турбулентный квадратический [1-6]. При последовательной схеме подключения дросселя и параллельной напорного золотника при бурении в горных породах невысоких категорий по буримости режим течения рабочей жидкости гидропривода в дроссельной щели турбулентный квадратический, а в проходном отверстии напорного золотника ламинарный или турбулентный доквадратический [1-6]. В процессе разбурирования пород средних категорий по буримости и пород 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].

Чтобы избежать некорректных 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 режимом течения рабочей жидкости через неё, целесообразно применять буровые установки с гибридной схемой подключения комбинированной аппаратуры. Такая 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. В качестве линейного дросселя целесообразно применять 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 гибридной схеме 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 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 квадратического 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, 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.

Применение в гидравлических механизмах 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.

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. 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.
5. 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 .
6. Завацки С. Проблемы управления углубкой геолого-разведочных скважин // Известия высших учебных заведений. // Геология и разведка. – 2016. – № 2. – С. 86-88.

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

Исякаев А.Ю. (Научный руководитель Меркулов М.В.)

mvm.07@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Опыт эксплуатации водоотливных установок показывает, что большинство отказов насосных агрегатов возникает при их пуске. Одной из основных причин этого является то, что переходные процессы в асинхронном электродвигателе (АД) в общем случае сопровождаются значительными по амплитуде пиками электромагнитного момента, что приводит к дополнительным динамическим нагрузкам в основном агрегате и может вызвать его поломку.

Поэтому перспективным направлением в области автоматизации водоотливных установок является ограничение по величине электромагнитного момента электродвигателе при пуске. Этого можно достигнуть при использовании тиристорных регуляторов напряжения (ТРН) за счет медленного нарастания подводимого к АД напряжения. В этом случае пуск АД плавный, что приводит к существенному уменьшению динамических нагрузок в насосе и увеличению надежности его работы. Дальнейшее повышение эффективности работы водоотливных установок может быть достигнуто регулированием подачи насосов по заданному алгоритму или переводом их на непрерывную откачку воды. Это дает возможность уменьшать емкость водосборников, снижать мощность электродвигателей насосных агрегатов, применять меньшие по подаче насосы.

Непрерывное регулирование подачи насосов в соответствии с притоком воды позволяет значительно реже включать насосы и таким образом повышать безотказность работы установки.

Наиболее эффективно автоматическое регулирование подачи центробежных насосов изменением угловой скорости электродвигателя. Так как в насосных установках применяется асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, то в этом случае может быть применена система тиристорный преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель.

На шахтах с большим притоком воды значителен расход электроэнергии на водоотлив. Поэтому перспективным является автоматическое управление водоотливными установками в функции нагрузки энергосистемы, так как этим достигается значительный экономический эффект. Это обусловлено неодинаковым тарифом на электроэнергию по времени суток. В часы максимума нагрузки энергосистемы (вечерние часы) стоимость киловатт-часа в несколько раз выше, чем во внепиковое время (ночь, раннее утро). Следовательно, если в период максимума нагрузки воду накапливать, а во внепиковое время откачивать, то это позволит значительно снизить затраты на водоотлив.

Важным направлением автоматизации водоотливных установок является повышение надежности аппаратуры автоматизации путем замены релейно-контактных элементов системы цифровыми интегральными микросхемами.

АНАЛИЗ ОТРАБОТКИ АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Крылков М.Ю.

m.krylkov@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Правильный выбор режима бурения буровым мастером во многом определяет технико-экономические показатели разведочных работ. Режим бурения, определяющий проходку на алмазную коронку, зависит от более 30-ти различных геолого-технических факторов (параметров). Вопрос, как из этого большого количества факторов выбрать главные, а какие из них отнести к второстепенным, является важным, при задании режима бурения.

Учет отработки алмазного инструмента должен осуществляться с помощью диспетчерского контроля. Набирается статистика, в которую входит номер инструмента, проходка на каждую коронку (расширитель), категория пород по буримости и вид износа алмазного инструмента с пояснением его причин и т.д., включая и другие многие геологические параметры. Естественно также, что работу алмазной коронки и колонны бурильных труб (КБТ) нельзя рассматривать обособленно (отдельно), без учета характера формирования ствола скважины в тех или иных геологических условиях.

Современный мир стал информационным, миром умных вещей и технологий [2]. Оптимизация алмазного бурения (АБ) приводит к необходимости разработки и создания (использования) сложных распределенных систем управления, включающих в себя контроллеры, автоматические исполнительные устройства, датчики, ПИД-регуляторы и т.п.

Далее, SCADA-системы (аббр. от англ. supervisory control and data acquisition, диспетчерское управление и сбор данных) используются сейчас во всех отраслях хозяйства, где требуется обеспечивать операторский контроль за технологическими процессами в реальном времени. Этого типа программное обеспечение устанавливается на компьютеры, для связи с объектом, используются драйверы ввода-вывода или OPC/DDE серверы.

Процесс алмазного бурения, как объект для математического описания, является многомерным, при этом в ряде случаев, неизвестны не только функциональные связи между изучаемыми показателями и параметрами, но и степень влияния параметров на показатели. Кроме этого анализ информации об алмазном бурении в условиях производства необходимо осуществлять, главным образом, на базе статистики, собираемой в режиме реальной (нормальной) отработки алмазного породоразрушающего инструмента.

В качестве основной математической модели, описывающей буровой процесс предлагается применять линейную функцию многих переменных. Данный выбор объясняется тем, что большая величина случайных помех при измерениях параметров и показателей алмазного бурения приводит к тому, что интерполяционные многочлены более высоких степеней использовать нерационально. Качество получаемой буровой информации позволяет учесть лишь основные стороны исследуемого процесса. Если известно, что зависимости между показателями бурения и какими-то параметрами являются нелинейными, то всегда можно, вводя соответствующие преобразования, перейти от нелинейной модели к линейной. Учтем, что линейные соотношения в теории вероятности и статистике наиболее полно разработаны. Многочисленные приложения многомерной статистики, в частности, теория вкладов многофакторного анализа, хорошо развиты и теоретически обоснованы именно для линейных моделей.

Итак, пусть даны n одномерных случайных величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ например, механическая скорость бурения и параметры, в частности осевая нагрузка, окружная скорость (частота вращения), физико-механические свойства буримых пород, конструктивные особенности инструмента, расход алмазов на метр бурения и т.д.

Их совместное распределение вероятностей можно представить в n -мерном пространстве \mathbf{R}_n как распределение многомерной случайной величины $\vec{x} = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$.

Вероятность попадания величины \bar{x} в множество S из n -мерного пространства R_n $P(\bar{x} \in S)$ определяется функцией распределения вероятностей $F(\bar{x})$:

$$F(\bar{x}) := F(x_1, x_2, \dots, x_n) = P(\xi_1 \leq x_1, \xi_2 \leq x_2, \dots, \xi_n \leq x_n) \text{ (обычно она неизвестна)}$$

Наилучшее приближение величины ξ_1 выражением $g = \beta_{12}\xi_2 + \beta_{13}\xi_3 + \dots + \beta_{1n}\xi_n$ в смысле минимума момента $M[(\xi_1 - \beta_{12}\xi_2 - \beta_{13}\xi_3 - \dots - \beta_{1n}\xi_n)^2]$ называется средней квадратической регрессией величины ξ_1 от величин ξ_2, \dots, ξ_n . Дальнейшие выкладки можно посмотреть статье за 1981 [1]. В те давние времена я написал программу на FORTRANe, и анализировал модели и автоматически (путем сокращения методом перебора по вкладам в модель несущественных параметров), и в диалоговом режиме. Сейчас это можно проделать легко минут за десять в офисной программе Excel.

Суть заключается в следующем. Случайные величины $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ нормируются, то есть делается замена ξ_i на $\frac{\xi_i - \bar{x}_i}{\sigma_i}$ ($i = 1, 2, \dots, n$), где σ_i – это дисперсия случайной величины ξ_i . Далее для определения частных коэффициентов регрессии β_{1k} , ($k = 2, 3, \dots, n$) строим нормальную систему из $n-1$ уравнения: $\sum_{k=2}^n \rho_{ik} \beta_{1k} = \rho_{i1}$, ($i=2,3, \dots, n$).

В результате коэффициент детерминации R^2 запишется в следующем виде:

$$R^2 = \sum_{j=2}^n \beta_{1j}^2 + 2 \sum_{j < k=2}^n \beta_{1j} \beta_{1k} \rho_{jk}, \text{ где } \rho_{jk} \text{ – коэффициент парной корреляции между } \xi_j \text{ и } \xi_k.$$

Эта формула позволяет оценить степень важности включения каждой из рассматриваемых случайных величин $\xi_2, \xi_3, \dots, \xi_n$ в уравнение множественной регрессии. Полный вклад случайной величины ξ_j в уравнение регрессии разбивается на её непосредственный вклад β_{1j}^2 и на опосредованные вклады $\beta_{1j} \beta_{1k} \rho_{jk}$, определяемые корреляцией ξ_j с ξ_k ($k = 2, 3, \dots, n; k \neq j$). Опосредованный вклад от двух случайных величин разбивается между ними поровну. Квадрат множественного коэффициента корреляции R^2 называется коэффициентом детерминации, который часто используют для характеристики корреляции между ξ_1 и $\xi_2, \xi_3, \dots, \xi_n$.

В заключение заметим, что получаемые статические результаты (математические модели) распространяются только на область изменения выбранных параметров и показателей АБ. Сам метод не дает окончательных решений, а лишь объективно (научно) помогает технологу при анализе данных по АБ, обращая его внимание на наличие тех или иных связей.

С автоматизированными распределенными системами управления студенты знакомятся на кафедре МАиЭ ГРР МГРИ.

Литература

1. Крылков М.Ю. Оценка информации о геологоразведочном бурении с помощью многофакторного анализа. // Известия высших учебных заведений. Серия геология и разведка. – 1981. – № 4 – с. 144-147.

2. Сырецкий Г.А. Информатика. Фундаментальный курс. В 2 томах. Том 2. Информационные технологии и системы: Учебник для вузов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 848с.: ил.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО И ОБЪЁМНОГО НАСОСОВ

Куликов В.В.

kulikovvv@mgru-rggru.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Динамические гидравлические машины, в отличие от объёмных машин, характеризуются взаимозависимостью развиваемого давления P_n и объёмного расхода жидкости Q_n :

$$P_n = f(Q_n). \quad (1)$$

График напорной характеристики динамических центробежных насосов (зависимость давления от объёмного расхода) носит в целом падающий характер [1]: чем выше давление развивает насос, тем меньше значение его объёмной производительности и наоборот.

Объёмные гидравлические машины, напротив, характеризуются «жесткостью» характеристики: объёмный расход Q_n от величины развиваемого давления P_n не зависит [2]:

$$Q_n \neq f(P_n), \quad (2)$$

$$Q_n = idem. \quad (3)$$

Объёмный расход флюида Q по длине гидравлической магистрали H примем неизменным:

$$Q \neq f(H). \quad (4)$$

Основным свойством транспортирования флюидов насосами, имеющими «жесткую» подачу, является то, что общая величина гидравлических сопротивлений в гидравлической магистрали $P_{тр}$ (при неизменном объёмном расходе $Q_n = Q = idem$) преодолевается насосом, развивающим давление $P_n = P_{тр}$ и определяется сложением потерь давления на всех участках движения потока, т.е. является аддитивной величиной:

$$P_n = P_{тр} = \sum_{i=1}^m P_{три}, \quad (5)$$

где i – порядковый номер участка движения жидкости; m – число участков; $P_{три}$ – потеря давления на трение на i -ом участке гидравлической магистрали.

Уравнение (5) представляет собой напорную характеристику гидравлической сети.

Потеря давления на трение складывается из следующих составляющих [2]:

$$P_{тр} = P_{л} + P_{м}, \quad (6)$$

где $P_{л}$ – потеря давления на преодоление сил внутреннего трения в жидкости по длине гидравлической магистрали, или линейная потеря давления [2-4]; $P_{м}$ – потеря давления на преодоление сил внутреннего трения в жидкости в местах локальной деформации потока флюида (сужение, расширение, изменение направления потока и др.), или местная потеря давления.

$$P_{л} = \lambda \cdot \rho \cdot H \cdot v^2 / (2 \cdot d_s) = \lambda \cdot \rho \cdot H \cdot Q^2 / (2 \cdot f^2 \cdot d_s) = \lambda \cdot H \cdot M^2 / (2 \cdot \rho \cdot f^2 \cdot d_s), \quad (7)$$

где λ – коэффициент линейных гидравлических сопротивлений; ρ – плотность флюида [2]; H – длина потока; v – средняя скорость движения жидкости в поперечном сечении магистрали; Q , M – объёмный и массовый расход жидкости соответственно; d_s – эквивалентный диаметр потока [2]; f – площадь поперечного сечения потока.

$$v = Q / f = M / (\rho \cdot f), \quad (8)$$

$$P_{м} = \xi \cdot \rho \cdot v^2 / 2 = \xi \cdot \rho \cdot Q^2 / (2 \cdot f^2) = \xi \cdot M^2 / (2 \cdot \rho \cdot f^2), \quad (9)$$

где ξ – коэффициент местных гидравлических сопротивлений [2].

Для произвольного i -ого участка гидравлической магистрали (6) примет вид:

$$P_{три} = P_{ли} + P_{ми}. \quad (10)$$

Напротив, при перемещении флюида в трубопроводе насосом, не имеющим «жесткой» подачи (например, центробежным) изменение геометрического сопротивления на любом i -ом участке движения флюида вызывает изменение потерь давления $P_{три}$ на всех

участках (лежащих как ниже, так и выше по течению потока) и суммарных потерь давления $P_{тр}$ по всей длине H гидравлической линии:

$$Q_H \neq idem. \quad (11)$$

Рассмотрим методику расчёта потери давления на трение для условия перемещения флюида центробежным насосом в гидравлической магистрали. Напорную характеристику центробежного насоса [1] можно приблизительно описать уравнением квадратической регрессии (при условии $Q_H = Q$):

$$P_H = D \cdot Q^2 + B \cdot Q + C. \quad (12)$$

где D, B, C – числовые размерные коэффициенты уравнения квадратической регрессии.

В частном случае, при $B = 0$, (12) примет вид:

$$P_H = D \cdot Q^2 + C. \quad (13)$$

Т.к. общие гидравлические сопротивления движению потока флюида в магистрали $P_{тр}$ преодолеваются давлением P_H , развиваемым центробежным насосом, то в соответствии (5), (7), (9), (10) и (12) имеем:

$$\begin{aligned} P_H = P_{тр} &= \sum_{i=1}^m P_{три} = \sum_{i=1}^m (P_{ли} + P_{ми}) = \sum_{i=1}^m (\lambda \cdot \rho \cdot H \cdot Q^2 / (2 \cdot f^2 \cdot d_3) + \xi \cdot \rho \cdot Q^2 / (2 \cdot f^2)) = \\ &= \sum_{i=1}^m (\lambda H / d_3 + \xi) \cdot \rho \cdot Q^2 / (2 \cdot f^2) = D \cdot Q^2 + B \cdot Q + C \end{aligned} \quad (14)$$

Зависимости (14) удобнее придать вид квадратного уравнения:

$$A \cdot Q^2 + B \cdot Q + C = 0, \quad (15)$$

в котором

$$A = D = \sum_{i=1}^m (\lambda \cdot H / d_3 + \xi) \cdot \rho / (2 \cdot f^2). \quad (16)$$

Решением (14) является выражение

$$Q = Q_H = (-B \pm (B^2 - 4 \cdot A \cdot C)^{0,5}) / (2 \cdot A). \quad (17)$$

При выполнении условия (13) получим частное решение:

$$Q = Q_H = (C / (\sum_{i=1}^m (\lambda \cdot H / d_3 + \xi) \cdot \rho / (2 \cdot f^2) - D))^{0,5}. \quad (18)$$

Для окончательного нахождения общей потери давления возможны следующие пути [5]:

1. Найденное по (17) значение объёмной подачи необходимо подставить в (12) или в зависимость, представляющую собой напорную характеристику гидравлической сети:

$$P_H = P_{тр} = \sum_{i=1}^m (\lambda \cdot H / d_3 + \xi) \cdot \rho \cdot Q^2 / (2 \cdot f^2). \quad (17)$$

2. Найденное по (18) значение объёмной подачи нужно подставить в (13) или (17).

Литература

1. Быстрицкий Г.Ф., Киреева Э.А. Справочная книга по энергетическому оборудованию предприятий и общественных зданий. – М. : Машиностроение, 2012. – 592 с.
2. Куликов В.В. Буровая гидроаэромеханика и элементы гидропневмопривода / В кн.: Бурение разведочных скважин. Учебник для вузов. Глава 5 // Н.В. Соловьев, В.В. Кривошеев, Д.Н. Башкатов и др. Под общ. ред. Н.В. Соловьева. – М. : Высшая школа, 2007. – С. 258-298 (904 с.).
3. Куликов В.В. Коэффициенты полезного действия скважинных центробежных и водоструйных насосов и насосных установок // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2008. – № 3. – С. 72-74.
4. Куликов В.В. Расчёт коэффициентов полезного действия скважинных нефтяных насосов и установок центробежного и струйного принципов действия // Бурение и нефть. 2008. – № 1. – С. 30-32.
5. Куликов В.В. Сравнительный анализ работы центробежного и объёмного насосов. // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2015. – № 4. – С. 86-88.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Куликов В.В., Фролова М.С.

kulikovvv@mgi-rggru.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Как показано в [2-4], в основу анализа математических моделей передачи энергии рационально положить следующее отношение мощностей при выходе из i -ого участка и при входе в i -ый участок пути передачи энергии, называемое коэффициентом полезного действия (КПД) этого участка η_i :

$$\eta_i = N_{\text{вых}i} / N_{\text{вх}i}. \quad (1)$$

При изменении выходной и входной мощностей на величины $\delta N_{\text{вых}i}$ и $\delta N_{\text{вх}i}$ соответственно значение КПД изменится ($\eta_i \neq idem$) и (1) примет следующий вид:

$$\eta_i = (N_{\text{вых}i} + \delta N_{\text{вых}i}) / (N_{\text{вх}i} + \delta N_{\text{вх}i}). \quad (2)$$

Как показали результаты проведённых и представленных ниже аналитических исследований, рационально выделить две базовые модели передачи энергии при бурении скважин различного целевого назначения.

1. Аддитивная математическая модель передачи энергии.

$$\delta N_{\text{вых}i} = \delta N_{\text{вх}i} = \delta N_i. \quad (3)$$

$$\eta_i = (N_{\text{вых}i} + \delta N_i) / (N_{\text{вх}i} + \delta N_i). \quad (4)$$

Следовательно, при выполнении условия (3) все изменения энергии в скважине суммируются [1-4]:

$$N_{\Sigma} = N_{\text{вх}1} - N_{\text{вых}1} + \delta N_1 + N_{\text{вых}1} - N_{\text{вых}2} + \delta N_2 + N_{\text{вых}2} - N_{\text{вых}3} + \delta N_3 + \dots, \quad (5)$$

где N_{Σ} – общие (суммарные) затраты энергии.

Но $N_{\text{вых}1} = N_{\text{вх}2}$, $N_{\text{вых}2} = N_{\text{вх}3}$ и т. д.

$$N_{\Sigma} = N_{\text{вх}1} - N_{\text{вых}1} + \delta N_1 + N_{\text{вх}2} - N_{\text{вых}2} + \delta N_2 + N_{\text{вх}3} - N_{\text{вых}3} + \delta N_3 + \dots \quad (6)$$

Введём обозначения для потери мощности на каждом участке:

$$\Delta N_1 = N_{\text{вх}1} - N_{\text{вых}1}, \Delta N_2 = N_{\text{вх}2} - N_{\text{вых}2}, \Delta N_3 = N_{\text{вх}3} - N_{\text{вых}3} \text{ и т.д.}$$

$$N_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m (\Delta N_i + \delta N_i). \quad (7)$$

Общие затраты энергии N_{Σ} , в соответствии с (7), находятся путём сложения энергозатрат на всех участках от $i = 1$ до $i = m$. Основным свойством представленной аддитивной модели (в формах (4) и (7)) является отсутствие взаимного влияния участков передачи энергии: энергетические затраты на каждом из участков носят независимый от других участков характер.

2. Пропорциональная математическая модель передачи энергии.

Примем:

$$\delta N_{\text{вых}i} = N_{\text{вых}i} \cdot (b_i - 1), \quad (8)$$

$$\delta N_{\text{вх}i} = N_{\text{вх}i} \cdot (a_i - 1), \quad (9)$$

где b_i , a_i – некоторые положительные числовые коэффициенты.

После подстановки (8) и (9) в (2), имеем:

$$\eta_i = N_{\text{вых}i} \cdot b_i / (N_{\text{вх}i} \cdot a_i). \quad (10)$$

В соответствии с (10), выходная и входная мощности меняются в b_i и a_i раз соответственно. При этом величина КПД в (10), в сравнении с (1), в общем случае (при $b_i \neq a_i$) изменится ($\eta_i \neq idem$). Пусть мощность при выходе из участка $N_{\text{вых}i}$ и при входе в участок $N_{\text{вх}i}$ меняются в одинаковое число раз: $b_i = a_i$, но тождества (8) и (9) не выполняются и, следовательно, аддитивная модель (4) не справедлива. Тогда имеем для любого i -го участка:

$$\eta_i = N_{\text{вых}i} \cdot b_i / (N_{\text{вх}i} \cdot a_i) = N_{\text{вых}i} \cdot a_i / (N_{\text{вх}i} \cdot a_i), \quad (11)$$

$$\eta_i = N_{\text{вых}i} / N_{\text{вх}i} = idem. \quad (12)$$

Полученная математическая модель (12) показывает, что при изменении выходной и входной мощностей в одинаковое число раз значение КПД участка остаётся неизменным.

Основным свойством данной модели является пропорциональное изменение мощностей. Основному свойству модели (12) может подчиняться не только отдельно взятый участок, но и все участки в целом [1, 2]:

$$\eta = N_{\text{вых}m} \cdot a / (N_{\text{вх}1} \cdot a) = N_{\text{вых}m} / N_{\text{вх}1} = idem, \quad (13)$$

где η – общий (полный) КПД всех участков передачи механической энергии; $N_{\text{вых}m}$ – мощность при выходе из последнего ($i = m$) участка; $N_{\text{вх}1}$ – мощность при входе в первый участок ($i = 1$).

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_m = \prod_{i=1}^m \eta_i = idem, \quad (14)$$

где m – число последовательно соединённых участков пути передачи энергии; i – порядковый номер участка, $i = 1, 2, 3, \dots, m$; η_i – КПД i -го участка; $\prod_{i=1}^m \eta_i$ – последовательное произведение i -х значений КПД участков от $i = 1$ до $i = m$.

Рассмотрим одно из важнейших свойств пропорциональной математической модели передачи энергии. Пусть мощность $N_{\text{вх}1}$ на первом ($i = 1$) из участков изменилась в a раз или, что то же самое, на величину δN :

$$N_{\text{вх}1} \cdot a = N_{\text{вх}1} + \delta N, \quad (15)$$

$$a = 1 + \delta N / N_{\text{вх}1}. \quad (16)$$

$$N_{\text{вх}1} \cdot a = N_{\text{вх}1} \cdot (1 + \delta N / N_{\text{вх}1}). \quad (17)$$

При этом, в соответствии с (13), энергия в единицу времени на последнем участке $N_{\text{вых}m}$ также изменится в a раз и станет равной $N_{\text{вых}m} \cdot a$.

$$\Delta N^* = N_{\text{вх}1} \cdot a - N_{\text{вх}1} = N_{\text{вх}1} \cdot (a - 1) = \delta N, \quad (18)$$

где ΔN^* – приращение потока энергии на первом участке ($i = 1$) при его изменении на величину δN .

Если в a раз или, что то же самое, на величину δN , изменилась мощность $N_{\text{вых}m}$ на последнем ($i = m$) из участков, то

$$N_{\text{вых}m} \cdot a = N_{\text{вых}m} + \delta N. \quad (19)$$

$$a = 1 + \delta N / N_{\text{вых}m}. \quad (20)$$

$$N_{\text{вых}m} \cdot a = N_{\text{вых}m} \cdot (1 + \delta N / N_{\text{вых}m}). \quad (21)$$

В силу пропорциональной модели (13), поток энергии при входе на первый участок $N_{\text{вх}1}$ также изменится в a раз и станет равным $N_{\text{вх}1} \cdot a$.

$$\Delta N^{**} = N_{\text{вх}1} \cdot a - N_{\text{вх}1} = N_{\text{вх}1} \cdot (a - 1) = \delta N \cdot N_{\text{вх}1} / N_{\text{вых}m} = \delta N / \eta, \quad (22)$$

где ΔN^{**} – приращение потока энергии на первом участке ($i = 1$) при изменении потока энергии на последнем ($i = m$) участке на величину δN .

Литература

1. Куликов В.В. Мощность буровой установки, затрачиваемая на процесс роторного бурения нефтяной скважины // Инженер-нефтяник. – 2013. – № 4. – С. 12-15.
2. Куликов В.В. Определение мощности, затрачиваемой на процесс бурения геолого-разведочной скважины // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2014. – № 1. – С. 54-59.
3. Куликов В.В., Тунгусов А.А., Тунгусов С.А. Оценка энергопроводных свойств колонн бурительных труб по величине коэффициента полезного действия // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 12. – С. 39-42.
4. Куликов В.В., Фролова М.С. Базовые математические модели процесса передачи механической энергии при бурении разведочных и геотехнологических скважин. // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2015. – № 5. – С. 60-65.

К РАСЧЁТУ КОРПУСОВ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Менькова Н.М.

menkovan@gmail.com, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов могут быть стационарными (нефтехранилища) либо транспортабельными – предназначенными для перемещения указанных продуктов на суше или по морю. К последним применяются особые требования в отношении прочности и устойчивости к динамическим нагрузкам.

Стационарные нефтехранилища представляли собой ямы глубиной 4-5 м в глинистых грунтах либо в специально зацементированных углублениях, что позволяло уменьшить утечки горючего в почвенные породы. В 1864 году на нефтепромыслах в США появились металлические резервуары прямоугольного сечения. В 1878 году выдающийся русский инженер В.Г. Шухов по заказу фирмы Нобиль спроектировал цилиндрический резервуар, который обладал меньшей металлоёмкостью и был более технологичен в производстве. Резервуары Шухова изготавливались из клёпаных стальных листов, они имели плоское днище и плоскую либо коническую крышку. Такая конструкция применяется и в настоящее время наряду с резервуарами других конфигураций. Материалом стенок резервуаров чаще всего являются металлы, однако в настоящее время применяются также неметаллы – различные пластики, в том числе стеклопластики, и даже резинотканевые полотна.

Корпуса резервуаров представляют собой *оболочки* – тела, толщина которых меньше двух других измерений. В качестве резервуаров для нефтепродуктов применяются в основном оболочки вращения, конфигурация которых образована вращением вокруг оси прямой линии или какой-либо кривой. На практике применяются в основном цилиндрические, сферические либо каплевидные резервуары. В расчётах фигурирует так называемая *срединная поверхность* – геометрическое место точек, равноотстоящих от внутренней и внешней поверхности оболочки.

При статических расчётах оболочек вращения в некоторых случаях можно принять, что напряжения, возникающие в оболочке, постоянны по всей её толщине и, следовательно, изгиб оболочки отсутствует. Теория, построенная на таком предположении, называется *безмоментной*, она применима в тех случаях, когда оболочка не имеет резких переходов и жёстких защемлений, а также не нагружена сосредоточенными силами и моментами.

Для статического расчёта тонкостенной оболочки введём следующие параметры:

h – толщина оболочки, ρ_m – радиус кривизны дуги меридиана срединной поверхности оболочки, ρ_t – радиус кривизны нормального сечения, перпендикулярного к дуге меридиана, σ_m – меридиональное напряжение, направленное по дуге меридиана, σ_t – окружное напряжение, p – нормальное давление на оболочку, а также θ – угол между нормалью к срединной поверхности и осью симметрии оболочки. Все эти параметры при статическом расчёте оболочек по безмоментной теории связаны известной формулой Лапласа:

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{p}{h}. \quad (1)$$

Осевая равнодействующая внешних сил на диаметре $d = 2r$ составит

$$P = 2\pi r h \sin \theta. \quad (2)$$

Кроме того, учитывается, что 1) независимо от формы поверхности, проекция равнодействующей сил давления на заданную ось равна произведению нормального давления p на площадь проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную данной оси, а также, что 2) вертикальная составляющая сил давления на данную поверхность равна весу жидкости в объёме, расположенном над этой поверхностью.

Принято считать, что безмоментные оболочки находятся в двухосном, или плоском напряжённом состоянии, и это позволяет найти эквивалентные напряжения элемента по теории прочности Мора. При $\sigma_1 = \sigma_{\max}$, $\sigma_2 = 0$, а также $\sigma_3 = \sigma_{\min}$ имеем

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - k\sigma_3. \quad (3)$$

Так для цилиндрического сосуда радиуса R при толщине стенки h , находящегося под давлением p , можно составить уравнение равновесия (2): $P = \sigma_m 2\pi R h$. Осевая составляющая сил давления, независимо от формы днища, в соответствии с указанным выше положением 1 составит $P = \pi R^2 p$. Таким образом, $\sigma_m = pR/2h$. Для цилиндра $\rho_m = \infty$, а также $\rho_t = R$, поэтому из формулы Лапласа (1) следует, что $\sigma_t = pR/h$ – очевидно, окружное напряжение вдвое больше меридионального. По теории прочности Мора, считая $\sigma_1 = \sigma_t$, а также $\sigma_2 = \sigma_m$ и $\sigma_3 = 0$, независимо от величины k , получим эквивалентное напряжение

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - k\sigma_3 = pR/h. \quad (4)$$

Аналогичным расчётом можно показать, что для сферической тонкостенной оболочки вследствие её полной симметрии имеем $\sigma_m = \sigma_t$; к тому же $\rho_m = \rho_t = R$. Подстановка в формулу Лапласа даёт: $\sigma_m = \sigma_t = pR/2h$. При двухосном напряжённом состоянии $\sigma_1 = \sigma_2 = pR/2h$, $\sigma_3 = 0$. Эквивалентное напряжение составит в данном случае:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - k\sigma_3 = pR/2h \quad (5)$$

Очевидно, эквивалентное напряжение будет в два раза меньше, чем для цилиндрической оболочки того же радиуса и такой же толщины.

Актуальной задачей динамики оболочек является составление и решение уравнений их колебаний. В общем случае задача решается методом Рэлея-Ритца на основе преобразований величины потенциальной энергии деформации оболочек: $U = U_1 + U_2$, где U_1 – энергия растяжения оболочки, U_2 – энергия её изгиба. При этом

$$U_1 = \frac{1}{2} \iint_{\Omega} \frac{Eh}{1-\mu^2} \left[(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2 + 2(1-\mu)(\gamma_{12}^2/4 - \varepsilon_1\varepsilon_2) \right] d\Omega, \quad (6)$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \iint_{\Omega} \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \left[(x_1 + x_2)^2 + 2(1-\mu)(x_{12}^2 - x_1x_2) \right] d\Omega. \quad (7)$$

Здесь E – модуль упругости первого рода (Юнга), μ – коэффициент Пуассона. Величины ε_1 , ε_2 , γ_{12} представляют собой компоненты деформации срединной поверхности, x_1 , x_2 , x_{12} – параметры изменения её кривизны. Все указанные величины находятся по специальной методике [4]. Интегрирование производится по всей срединной поверхности Ω оболочки.

В некоторых случаях определение потенциальной энергии деформации можно упростить, если считать, что при закреплении оболочки возможны её колебания без растяжения срединной поверхности. Такой вид деформации называются *чистым изгибанием* и он имеет место, например, при свободной цилиндрической оболочке, а также в том случае, если один из торцов оболочки (например, днище нефтеёмкости) имеет ограничения в движении. В случае чистого изгибания расчёт проводится только по формуле (7).

Литература

1. В.И. Феодосьев. Соппротивление материалов. – М. : Наука, 1990, с. 292-301.
2. А.С. Авдонин. Прикладные методы расчёта оболочек и тонкостенных конструкций. – М. : Машиностроение, 1960, с. 59-110.
3. В.Г. Рекач. Статический расчёт тонкостенных пространственных конструкций. – М.: Изд.2, Либерком, 2010, 258 с.
4. В.Л. Бидерман. Теория механических колебаний. Учебник для вузов. М. : Высшая школа, 1980, с. 284-290.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Меркулов М.В.

mvm.07@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Анализ энергетического баланса технологических потребителей показал, что значительная доля в энергопотреблении технологических потребителей приходится на теплоту.

Как отмечалось ранее, использование теплоты не может не оказывать влияние на эффективность проводимых работ. В этой связи выбор оптимального варианта энергоснабжения следует проводить исходя из электрических и тепловых нагрузок, т.е. на основе комплексного решения вопросов энергоснабжения.

Любое принятое решение характеризуется тем положительным результатом, который будет получен после реализации. В тех случаях, когда результат может быть выражен количественно, еще на уровне проектирования, можно провести сравнительный анализ альтернативных предложений и выбрать наилучший из вариантов. Количественный анализ принимаемых решений предопределяет разработку достаточно достоверной модели и выбор критерия оптимальности.

В качестве экономико-математической модели обычно выступают финансовые затраты по вариантам энергоснабжения. За критерий оптимизации может быть принят минимум приведённых затрат.

При технико-экономическом моделировании можно выделить две группы факторов: технические и экономические.

Технические параметры определяются системой энергоснабжения, параметрами энергетического и технологического оборудования и зависят, в конечном счёте, от района ведения работ, в том числе и от горно-геологических условий

Вторая группа факторов – экономическая. В эту группу входит стоимость оборудования, ресурсов и нормативные коэффициенты.

Это позволит провести сравнение различных технически возможных вариантов энергоснабжения для заданных условий и отбросить те из них, которые не удовлетворяют критерию оптимальности.

Анализ результатов позволит, с одной стороны оценить конкретные условия ведения геологоразведочных работ, при которых тот или иной вариант электроснабжения позволит определить те факторы, которые оказывают наибольшее влияние на выбор варианта.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДООТЛИВНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ольсова К.Ю. (Научный руководитель Меркулов М.В.)

mvm.07@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Выбор оптимального варианта водоотлива проводился на основе технико-экономического сравнения двух вариантов обустройства подземного водоотливного комплекса.

Первый вариант предусматривал перепуск водопритока верхнего горизонта с отметкой 720 м на нижний горизонт, с отметкой 480 м. На нижнем горизонте устраивался единый водоотливной комплекс, подающий воду на поверхность. В этом случае, насосы водоотлива должны обеспечивать откачку водопритока как нижнего, так и верхнего горизонтов.

Второй вариант предусматривал обустройство водоотлива на каждом горизонте. На горизонте с отметкой 720 м устанавливались насосы, обеспечивающие откачку водопритока только верхнего горизонта, а на горизонте 480 м устраивалась своя водоотливная станция, с расходом, обеспечивающим откачку водопритока только нижнего горизонта.

Проведенные расчеты показали, что для водоотливного комплекса по первому варианту необходимо установить насос (основной и резервный) типа ЦНС 180-476...680. Насос имеет 8 колес, с напором от 476 до 680 м и подачей до 180 м³. Для привода насоса приняли к установке электродвигатель АД-500, мощностью 500 кВт, с числом оборотов $n = 2950 \text{ мин}^{-1}$ и напряжением питания 6000 В. Такие параметры позволили подключить электродвигатель к высоковольтной сети предприятия без трансформации электроэнергии.

Второй вариант водоотлива предусматривает размещение на горизонте 720 м насосы ЦНС 60-66...330 с электродвигателем 4А250 М2 мощностью 90 кВт напряжением 380 В. Электроснабжение насосного комплекса этого горизонта требует установки трансформаторной подстанции ТСЗ-100-6/0,4. На горизонте 480 м устанавливают насосы ЦНС-180-85÷425 с электродвигателем 4А 355 М4 мощностью 315 кВт. Питание насоса осуществляется от трансформаторной подстанции ТСЗ 400-6/0,4.

Аппаратура автоматического управления водоотливными установками в обоих вариантах может быть принята на основе частотных тиристорных преобразователей.

Экономическое сравнение вариантов проводилось на основе годовых приведенных затрат. Анализ затрат по вариантам показал, что несмотря на высокие капиталовложения и издержки на зарплату, экономия на электроэнергии делает второй вариант более эффективным на 867336 руб.

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

Бабанова И.С. (Научный руководитель Абрамович Б.Н.)
irina_babanova@mail.ru, Горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Построение моделей прогнозирования электропотребления является одной из главных задач при нормировании и планировании расхода электроэнергии, а также для дальнейшей оптимизации режима работы предприятий минерально-сырьевого комплекса. В связи с этим актуальны следующие проблемы, анализируемые в работе: управление электропотреблением для газотранспортного предприятия; разработка интеллектуальной системы прогнозирования; разработка алгоритмов функционирования электропотреблением; повышение точности для плановых расчетов за счет применения аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС). Отличительные особенности электропотребления для газотранспортных предприятий заключаются в неравномерности графика потребления электроэнергии различными электроприводами, аппаратами воздушного охлаждения (АВО) газа, насосами; повышение надежности электроснабжения КС путем обоснования рациональной системы электроснабжения; обеспечение требуемого качества электроэнергии и влияние режимов работы электроприемников потребителей на качество электроэнергии; обеспечение учета электроэнергии для расчета с энергоснабжающей организацией на основании заданного режима работы электроустановки. Следует отметить, что основные особенности электропотребления газотранспортных предприятий накладывают существенные ограничения для последующего рассмотрения алгоритмов управления АВО газа с частотно-регулируемым электроприводом для КС МГ.

Цель работы – повышение точности прогнозирования электропотребления и разработка алгоритмов эффективного управления электропотреблением АВО газа на КС МГ. В ходе исследования использовались методы математического моделирования и прогнозирования временных рядов, статистический и регрессионный анализ, теория искусственных нейронных сетей (ИНС), математический пакет STATISTICA, Matlab, Simulink, методы экспертного анализа. Реализация системы управления электропотреблением включает следующие основные этапы: представление объекта в виде структурно-функциональной модели; установление зависимостей функционирования; выявление факторов, влияющих на электропотребление; построение ИНС; оценка ошибки прогнозирования; выработка и обоснование проектных решений. Исследование включало в себя следующие этапы: прогнозирование температуры на выходе из АВО с помощью классических моделей прогнозирования (авторегрессионные, множественная регрессия) и нейросетевых с последующей оценкой средней абсолютной ошибки прогнозирования для оперативных, среднесрочных прогнозов; исследование годового прогнозирования электрической нагрузки в точках учета электроэнергии для КС (множественная регрессия, сезонная декомпозиция временного ряда, мультипликативная модель с последующей сезонной корректировкой временного ряда), разработка алгоритмов эффективного управления электропотреблением АВО газа на КС МГ с учетом нейросетевых моделей.

Результаты прогнозирования с помощью классических моделей для температуры на выходе из АВО газа не дают требуемых результатов (средняя абсолютная ошибка для суточного прогнозирования составила 3%, для месячного – 9%). Оценка средней абсолютной ошибки прогнозирования для разных интервалов позволила сделать вывод о необходимости создания такой математической модели прогнозирования, которая учитывала нелинейные зависимости и факторы, влияющие на прогнозную величину в момент времени t , то есть применение аппарата искусственных нейронных сетей. Для создания нейросетевых алгоритмов прогнозирования температуры на выходе из АВО газа для КС были выделены ключевые переменные, влияющие на процесс охлаждения газа (с помощью регрессионного анализа): температурные изменения наружного воздуха, количество вентиляторов в работе,

изменения количества вентиляторов в работе, производительность газопровода, суммарная мощность вентиляторов на охлаждение газа. Прогнозирование температуры на выходе из АВО газа осуществлялось с применением алгоритма обратного распространения ошибки. Абсолютная ошибка отклонения прогнозных значений от фактических составила 1,094-1,26%, с учетом включения дополнительных переменных для уточнения прогноза - 0,89-1,346%, что значительно меньше, чем для моделей ИНС без учета факторов, в которых средняя абсолютная ошибка составила 1,47-1,58%.

Исследование прогнозирования электрической нагрузки в точках учета электроэнергии для КС с помощью традиционных методов прогнозирования позволило оценить среднюю абсолютную ошибку прогнозирования от 3-8%, для нейросетевых моделей - 0,7-1%. Выполнение расчетов индексов сезонности, цикличности, нерегулярности для электрической нагрузки в точках учета для КС позволило оценить компонентный состав исследуемого временного ряда для максимумов и минимумов электрической нагрузки в наблюдаемый период. Для зимних месяцев сезонные и циклические коэффициенты для электрической нагрузки имеют максимумы и минимумы в одни те же рассматриваемые часы, средние значения сезонных и циклических коэффициентов принимают значения от 0,9-1,05, для нерегулярных коэффициентов – 0,98-1,01. Для летних месяцев коэффициенты нерегулярности и цикличности для электрической нагрузки имеют максимумы и минимумы в одни те же рассматриваемые часы, средние значения коэффициентов – 0,9-1,1, коэффициенты сезонности не коррелируют с этими коэффициентами и принимают значения от 0,2-0,4. Различные значения коэффициентов сезонности в исследуемых графиках электрических нагрузках объясняются разной пропускной способностью МГ для летнего и зимнего месяцев. Результаты анализа трендовой, сезонной, циклической и нерегулярной компонент по отдельности позволяют строить модели и принимать обоснованные управленческие решения. Полученные отклонения прогнозных данных от фактических для суточного не превышают 2,1-3,6 %, что говорит о достаточно высокой точности метода трендового прогнозирования и оценки учета сезонных колебаний.

Применение аппарата ИНС к задаче управления АВО газа с частотно-регулируемым электроприводом позволило оптимизировать затраты на охлаждение компримированного газа, а также предвидеть превышение температуры выше допустимой нормы и исключить аварийную остановку КС, тем самым снизить затраты на работу ГТС. Разработка и введение моделей прогнозирования электропотреблением для КС МГ позволяет прогнозировать производственные циклы и пиковые значения электропотребления; возможности перераспределения нагрузки и изменения режима работы КС МГ с учетом алгоритмов управления АВО газа с частотно-регулируемым электроприводом.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Драко М.А.

m.drako@besp.by, drako.mikhail@mail.ru, РУП «Белэнергосетьпроект»,
Минск, Республика Беларусь

В процессе эксплуатации воздушных линий (ВЛ), периодически возникает необходимость проведения работ по их ремонту и техническому обслуживанию. Наибольшую опасность, с точки зрения поражения электрическим током, представляют собой работы на отключённой ВЛ, находящейся в зоне влияния действующей ВЛ, в частности на отключённой цепи двухцепной ВЛ.

Отключенные ВЛ, проходящие по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ, а так же контактной сети электрофицированной железной дороги переменного тока, и на заземленных проводах (грозозащитном тросе) которых наводится напряжение более 25 В, в пересчете на максимальный ток влияющей ВЛ, являются находящимися под наведённым напряжением [1].

Проведение работ на таких ВЛ имеет свои специфические особенности, связанные с различными факторами: неопределённостью режима источника наведённого напряжения, меняющейся конфигурацией схемы, вызванной реконструкцией существующих и строительством новых ВЛ, наводимых напряжений при выполнении работ по замене проводов и тросов, а так же различной природой составляющих наведённого напряжения.

Появление наведённого напряжения на проводах и грозозащитном тросе отключённой ВЛ вызвано совместным прохождением на всем протяжении, или на отдельных участках, вблизи действующей ВЛ и её емкостным, индуктивным, а в некоторых случаях и кондуктивным влиянием.

В Белорусской энергосистеме при разработке РУП «Белэнергосетьпроект» Инструкций по подготовке рабочих мест и допуску к работам под наведенным напряжением применяются специальные заземлители (СЗ) ВЛ, под которыми понимается заземление, устанавливаемое в определенных местах по длине ВЛ и позволяющее снижать уровень наведенного напряжения до безопасных величин по всей длине ВЛ, или на ее отдельных участках. СЗ на ВЛ сооружается стационарно, причем его величина сопротивления растеканию в любое время года не должна превышать расчетное значение, установленное режимом заземления ВЛ.

В качестве специальных заземлителей могут использоваться система «трос-опоры» ВЛ, локальные заземлители, устраиваемые в зоне расположения опоры, заземляющие устройства опор соседних линий, а также комбинации из системы «трос-опоры» и локальных заземлителей [2, 3].

Значение сопротивления СЗ определяется при расчете наведенного напряжения по критерию обеспечения электробезопасности при работах на проводах ВЛ, а нормируемое сопротивление заземления опор выбирается по критерию обеспечения грозоупорности изоляции ВЛ. Поэтому значение сопротивления специального заземлителя может быть значительно меньше значения сопротивления заземления опор, нормируемого [6], и достигать значения менее 1 Ом.

На основании анализа проведенных в РУП «Белэнергосетьпроект» исследований и разработанных стандартов [4, 5] сделан вывод, что в низкоомных грунтах оптимальным с экономической точки зрения является сооружение дополнительного локального заземлителя опоры, посредством прокладывания в земле дополнительных горизонтальных и вертикальных элементов заземления стандартной длины.

При сооружении искусственных локальных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли в качестве первоочередного мероприятия по достижению

нормированного сопротивления растеканию [6] рекомендует «устройство вертикальных глубинных заземлителей увеличенной длины, в том числе составных вертикальных заземлителей длиной до 30 м, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается». Такая тенденция снижения удельного сопротивления с глубиной характерна практически для всей территории Республики Беларусь.

Однако без определения удельного электрического сопротивления грунтов методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) в местах расположения опор с СЗ при проведении расчетов невозможно принять оптимальную длину глубинных вертикальных заземлителей [5].

В связи с реализацией стратегического проекта «Строительство АЭС в Республике Беларусь. Выдача мощности и связь с энергосистемой» и с учетом понимания важности рассматриваемой проблемы (некорректные результаты расчетов могут сказываться на выборе количества материалов для элементов заземления, закладываемых в проекте, и приводить к снижению уровня электробезопасности при обслуживании ВЛ, ущербу от выхода из строя электрооборудования, установленного на опорах ВЛ, и другим негативным последствиям [7]) с целью повышения системной надежности для интегрируемых в систему существующих ВЛ на основе данных, полученных в результате проведения электроразведки, разработаны указания по проектированию специальных заземлителей, обеспечивающих безопасность обслуживающего персонала.

При совместной с представителями электросетевых филиалов приемке в эксплуатацию смонтированных СЗ, выяснено, что учет удельного сопротивления грунта, полученного в результате электроразведки, позволяет корректно спроектировать СЗ, т.к. измеренное его сопротивление растеканию соответствует проектному.

Литература

1. ТКП 427-2012 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок / М-во энергетики Респ. Беларусь. – Минск : Энергопресс, 2013. – 160 с. : ил.
2. Инструкция по подготовке рабочих мест и допуску к работам под наведенным напряжением ВЛ 220-750 кВ Белорусской энергосистемы, № 14971, 1 этап: ВЛ-432 ВЛ-330 кВ Мирадино – ГРЭС 20; ВЛ-438 ВЛ-330 кВ Гомель – Кричев; ВЛ-460 ВЛ-330 кВ Белорусская – Барановичи. НИиПИ РУП «Белэнергосетьпроект», 2014.
3. Инструкция по подготовке рабочих мест и допуску к работам под наведенным напряжением ВЛ 220-750 кВ Белорусской энергосистемы, № 14971, 2 этап: ВЛ-340 ВЛ-330 кВ Гомель – Гомсельмаш; ВЛ-342 ВЛ-330 кВ Колядичи – ТЭЦ-4; ВЛ-343 ВЛ-330 кВ Минск Северная – ТЭЦ-4. НИиПИ РУП «Белэнергосетьпроект», 2014.
4. СТП 09110.20.188-11 ГПО «Белэнерго». Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше.
5. СТП 09110.20.189-12 ГПО «Белэнерго». Методические указания по проектированию и выполнению заземляющих устройств опор ВЛ напряжением 35-750 кВ.
6. ТКП 339-2011. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередач воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий.
7. Драко М.А. О необходимости вертикального электрического зондирования в местах установки опор ВЛ 35-750 кВ / М.А Драко, А.М. Короткевич, Э.П. Ковалев // Энергетическая стратегия. – 2015. – №1. – С. 25-27.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ В КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ С БИНАРНЫМ ЦИКЛОМ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Касьянова А.Н.

Planet711@gmail.com, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

В условиях постепенного смещения нефтегазодобычи из традиционных областей в неосвоенные, такие как районы Крайнего севера и Восточной Сибири, не имеющих доступа к централизованной системе энергообеспечения, автономное энергоснабжение является единственно возможным способом обеспечения непрерывности добычи нефти [1, 2].

В условиях нефтегазодобычи актуальной является проблема снижения затрат на электрическую и тепловую энергию в себестоимости добычи, подготовки и транспортировки нефти и газа. Поставленная цель достигается путем повышения эффективности комбинированного энергоснабжения объектов нефтегазопромыслов и сопутствующих объектов за счет эксплуатации электроагрегатов, работающих на природном или попутном нефтяном газе, в когенерационном режиме с бинарным циклом для параллельного производства электричества и тепла с возможностью гибкого регулирования необходимых выходных параметров в соответствии с графиками нагрузок потребителей [3].

В настоящее время ведется работа по адаптации режимов функционирования электротехнических комплексов с автономным электроснабжением от генерирующих установок, работающих в когенерационном цикле, к условиям нефтегазодобывающих предприятий на основе опыта эксплуатации более 20 генерирующих установок, с использованием в качестве энергоносителя попутного нефтяного газа.

Для этих целей можно использовать многофункциональную бинарную энергетическую установку с основным узлом которой является микрогазотурбинные электроагрегаты (МГТЭА), [4]. Дополнительными узлами в такой установке являются теплообменник и паротурбинный электроагрегат (ПТЭА)

Микрогазотурбинные электроагрегаты (МГТЭА) могут использоваться как в режиме генерации электрической энергии, так и в режиме когенерации – одновременной выработке электричества и тепла.

При работе в режиме когенерации возникает необходимость синхронизации основного и вспомогательного генераторов источников с условно нерегулируемой мощностью при работе на общую сеть.

Разработана схема где используется принцип двойного преобразования энергии в двух турбоагрегатах. В данной схеме газотурбинной установки генератор подключен к активному выпрямителю напряжения, соединенного с автономным инвертором напряжения. Высокочастотный переменный ток, генерируемый МГТЭА, преобразуется выпрямителем в постоянный, после чего осуществляется обратная трансформация постоянного тока в переменный с требуемыми параметрами частоты и напряжения (50 Гц, 380 В) и его подача на шину переменного тока. Генератор ПТЭА также подключен к активному выпрямителю и автономному инвертору в виду возможного использования установки в режиме, отличного от номинального, в частности, при утилизации части температурного потенциала выхлопных газов МГТЭА для параллельного производства тепловой и электрической энергии. При этом рабочие характеристики ПТЭА будут варьироваться в зависимости от давления и количества пара, полученного в системе парогенерирования. Чтобы получить на выходе установки требуемые параметры частоты и напряжения для обеспечения совместного функционирования турбоагрегатов преобразование тока ПТЭА также происходит по идентичному МГТЭА принципу выпрямитель-инвертор. При выходе паротурбинного электроагрегата на рабочий режим происходит его подключение к шине переменного тока через выключатель. Синхронизация с сетью производится с помощью активного выпрямителя

напряжения (АВН), подключенного через сетевой дроссель (со стороны переменного тока) и фильтра, подключенного на выходе АВН.

Существует несколько моделей управления активным выпрямителем. Наиболее перспективным является векторное управление. Для этого производится преобразование пространственного вектора тока (либо напряжения) относительно статической и вращающейся (с произвольной угловой скоростью и применением опорного угла) системы координат.

В неподвижной системе координат $\alpha\beta$ вектор тока может быть представлен в комплексном и показательном виде [5]:

$$\overline{I}_H = I_\alpha + j I_\beta = I_m e^{j\psi}.$$

И, соответственно, во вращающейся:

$$\overline{I}_{\text{Вр}} = I_x + j I_y = I_m e^{j(\psi - \omega_k t)} = \overline{I}_H e^{-j\omega_k t}$$

Управление АВН происходит по проекциям I_x и I_y обобщенного вектора сетевого тока. При заданном вращении мнимая часть пространственного вектора обращается в нуль. Таким образом, он может быть использован в качестве индикатора для фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), и определения угловой скорости и фазового угла комплексной величины вектора напряжения сети. Положительным значениям I_y соответствует режим потребления энергии из первичной сети, отрицательным – режим рекуперации. То есть переход от двигательного режима в генераторный и обратно осуществляется в такой системе автоматически.

Эффективность работы МГТЭА определяет возможности использования остальных частей установок, поэтому принимая усредненный электрический КПД микротурбины 35%, до 55% остающейся тепловой энергии можно использовать непосредственно или преобразовать далее в зависимости от нужд потребителя.

В результате применения многофункциональной энергетической установки обеспечиваются энергетические нужды производственных объектов с возможным варьированием выходных параметров установки в зависимости от графиков нагрузки потребителей. Применение МГТЭА в качестве основного узла электротехнического комплекса позволяет эффективно использовать потенциал первичного энергоносителя для получения электрической и тепловой энергии, что в итоге уменьшает себестоимость получения энергии и повышает экологичность ее производства. При этом коэффициент полезного действия по электричеству при использовании микрогазотурбинного и паротурбинного электроагрегатов превышает 60%. Функционирование электротехнического комплекса без провалов производимой мощности в течение всего года гарантирует наиболее полное и эффективное использование энергоносителя.

Литература

1. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Моренов В.А. Комбинированная энергетическая установка для энергоснабжения горных предприятий // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 4 (122). – С. 36-41.
2. Петров С.П., Махалин А.Н., Бабурин С.В. Повышение надежности объектов газотранспортных систем с использованием логико-вероятностного метода // Записки Горного института. – 2012. – Том № 196. – С. 261-265.
3. Полищук В.В., Моренов В.А., Касьянова А.Н. Когенерационная установка с бинарным для электроснабжения объектов нефтегазовых предприятий // Естественные и технические науки. – 2015. – № 4 (195). – С. 102-105.
4. Забарный Г.Н. Использование бинарных установок для производства электроэнергии // Забарный Г.Н., Шурчков А.В., Горохов М.И., Здор В.А. ИТТ НАН Украины. – Киев, 2003. – С. 50.
5. Борисов П.А. Синхронизация трехфазных активных выпрямителей напряжения с питающей сетью // Борисов П.А., Поляков Н.А. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 4 (80). – С. 55-60.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Ваничкина Т.В.

tatiana030876@vail.ru, Старооскольский филиал ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе», Старый Оскол, Россия

В современном мире необходимым условием сохранения жизни и развития цивилизации стало обеспечение человечества достаточным количеством энергии и топлива. Проблема ограниченных запасов природных топливно-энергетических ресурсов, к которым относятся невозобновляемые источники энергии (торф, уголь, нефть, природный газ), заставила мировое сообщество всерьез обратиться к разработке программ по энергосбережению. На данный момент энергосбережение стало основным и самым эффективным способом развития современной мировой энергетики.

Энергоресурсосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан. Россия не только располагает всеми необходимыми природными ресурсами и интеллектуальным потенциалом для успешного решения своих энергетических проблем, но и объективно является ресурсной базой для европейских и азиатских государств, экспортируя нефть, нефтепродукты и природный газ в объемах, стратегически значимых для стран-импортеров. Однако избыточность топливно-энергетических ресурсов в нашей стране совершенно не должна предусматривать энергорасточительность, т.к. только энергоэффективное хозяйствование при открытой рыночной экономике является важнейшим фактором конкурентоспособности российских товаров и услуг. Перед обществом поставлена очень амбициозная задача – добиться удвоения валового внутреннего продукта (ВВП) за 10 лет, но решить эту задачу, не изменив радикально отношение к энергоресурсосбережению, не снизив энергоемкость производства, не удастся.

Энергосбережение должно быть отнесено к стратегическим задачам государства, являясь одновременно и основным методом обеспечения энергетической безопасности, и единственным реальным способом сохранения высоких доходов от экспорта углеводородного сырья. Стратегическая цель энергосбережения одна и следует из его определения – это повышение энергоэффективности во всех отраслях, во всех поселениях и в стране в целом. И задача – определить, какими мерами и насколько можно осуществить это повышение. Основная роль в увеличении эффективности использования энергии принадлежит современным энергосберегающим технологиям. После энергетического кризиса 70-х годов XX века именно они стали приоритетными в развитии экономики.

Одно из требований научно-технического прогресса – соответствие используемых технологий тенденциям природо- и ресурсосбережения. Применительно к горным предприятиям это требование заключается в сохранении экологии в районе разработок месторождений. Проблема сохранения среды обитания частично решается вовлечением в производство некондиционных местных ресурсов и отходов производства. Недостаточная активность исходных материалов повышается в ходе приготовления твердеющих смесей.

Повышение энергетической эффективности должно рассматриваться как выявление и реализация мер и инструментов с целью обеспечить удовлетворение потребностей в услугах и товарах при наименьших экономических и социальных затратах на необходимую энергию и при минимальных расходах, необходимых для сохранения природной среды в гармонии с устойчивым развитием на местном, национальном, региональном и мировом уровнях.

Для перестройки энергоемких составных частей народного хозяйства на энергосберегающей основе необходимо последовательно и настойчиво заменять старые энергетически неэффективные технологии на экономичные. Ярким примером такого подхода может стать металлургический комплекс. По расчетам специалистов широкое использование в

металлургии энергосберегающего оборудования позволит сэкономить примерно 12% вырабатываемой энергии. Многие виды энергосберегающего оборудования были изобретены в нашей стране, однако используются у нас значительно хуже, чем в промышленно развитых странах мира.

Проблемы энергосбережения следует рассматривать как комплекс организационных и технических задач. При этом к числу организационных относятся:

- разработка планов потребления энергии и удельных норм ее расходования;
- организация учета расхода всех видов энергии;
- организация контроля расходования всех видов энергии и анализа энергопотребления;
- разработка мероприятий по энергосбережению и организация их внедрения;
- систематическое подведение итогов работы по экономии энергоресурсов;
- упорядочение потребления электроэнергии в электросиловых установках, разбора сжатого воздуха, тепла, холода при их централизованной выработке и т.д.
- поддержание рационального режима пользования электроосвещением, питьевой водой

До 75% всей потребляемой электроэнергии на производствах используется для приведения в действие всевозможных электроприводов. Как правило, на большинстве отечественных предприятий установлены электродвигатели с определённым запасом по мощности в расчете на максимальную производительность оборудования, несмотря на то, что часы его пиковой нагрузки составляют всего 15-20% от общего времени работы. В результате такие электродвигатели расходуют больше энергии, чем это необходимо на величину превышения потерь установленных двигателей по сравнению с двигателями меньшей мощности, если их использовать для привода тех же агрегатов. При этом экономия электроэнергии достигается за счет замены электродвигателями меньшей мощности. Если средняя нагрузка электродвигателя составляет менее 45% номинальной мощности, то замена его менее мощным электродвигателем всегда целесообразна. При нагрузке электродвигателя более 70% номинальной мощности можно считать, что замена его нецелесообразна. При нагрузке электродвигателя в пределах от 45 до 70% номинальной мощности целесообразность его замены должна быть подтверждена технико-экономическим расчётом на базе данных об уменьшении суммарных потерь активной мощности в электрической системе и в электродвигателе.

Организация энергосбережения в масштабах страны – задача чрезвычайно сложная. В России нет опыта осуществления столь значительных проектов при отсутствии жесткой властной вертикали. В то же время энергосбережение из популярного лозунга постепенно превращается в насущную необходимость. Недостаток электрических мощностей и природного газа в периоды сильных похолоданий, глобальная борьба с выбросами парниковых газов диктуют необходимость кардинального изменения отношения к энергосбережению. Снижение потребления энергоресурсов и увеличение мощности систем энергоснабжения – это взаимоувязанные процессы и должны рассматриваться при энергетическом планировании совместно.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Каримов Ш.В.

Навоийский государственный горный институт,
Навои, Республика Узбекистан

На сегодняшний день во всем мире происходят обновления различных видов корпораций, комбинатов, компаний. Актуальные проблемы производства находят свое решение в новейших технологиях или имеющихся улучшениях. Последнее является наиболее привлекательным с точки зрения политики, снижения себестоимости выпускаемой продукции.

Железнодорожный транспорт имеет наиболее долгую историю и эволюцию развития. Исследования в области использования карьерного транспорта и опыт многолетней эксплуатации показали, что наиболее, эффективной для открытых горных работ является электрическая тяга, обладающая ряд тягово-эксплуатационных преимуществ перед другими видами тяги. Это особенно проявляется с увеличением глубины карьеров и руководящего уклона, когда на многих действующих карьерах обостряется необходимость глубокого ввода железнодорожного транспорта [1].

За последний период стремления снижения себестоимости продукции стала для предприятий Узбекистана одной из главных приоритетов экономической политики. В стороне не остается Навоийский ГМК. Навоийский горно-металлургический комбинат ведет все работы по экономической целесообразной пути, но при этом в различных сферах комбината создаются определенные проблемы со снабжением ресурсов потому как мировая экономика также влияет на деятельность многих сфер во многих государствах.

В частности деятельность горнорудной промышленности комбината на карьере Ташкура также потребовала в современных условиях улучшения технологий по всем направлениям, так как внедренная технология имеет более 15ти летний срок службы. При этом надо обратить внимание также на транспортную сферу.

На сегодняшний день глубина карьера Ташкура достигла порядка 50 м, причем оно изменяется (ширину и длину), что в свою очередь, изменение данных параметров в карьере может уменьшить транспортные эффективности: повышаются топливные расходы, энергетические и другие ресурсные затраты. Известно, что на карьере Ташкура Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов используется в основном автосамосвалы марки: САТ 785 грузоподъемности номинально 130т, максимально 150 т, БелАЗ 7522 грузоподъемности номинально 32 т, максимально 40 т, САТ 789 грузоподъемности номинально 175 т, максимально 195 т, которые работают в комбинации с экскаваторами марки ЭКГ8И, ЭКГ10, для улучшения эффективности транспортной системы карьера Ташкура интересным является рассмотреть использование электрифицированного железнодорожного транспорта на ППК карьера и комбинировать его с экскаватором по тому как подъем автомобильных дорог составляет 80‰ (промел) на 1000 метров, что дает шанс вероятности использовать железнодорожный транспорт.

Железнодорожный транспорт наиболее экономичен при значительных объемах транспортировании 20-30 млн м³ в год и более, а также при больших расстояниях 5 км, 10км [2].

Даже с экологической точки зрения электрифицированный локомотив имеет малые выбросы на атмосферу загрязняющих веществ, чем тепловоз и автосамосвал. Автосамосвал грузоподъемностью 120 т работая в средних условиях расходует 500т, 600т топлива в год и выбрасывает в атмосферу около 2000 условных тонн вредных веществ в отработавших газах (окись углерода, окислы азота, сажа и др) [2].

На сегодняшний день около 80% всего объема транспортируемых горных пород на открытых горных работах перевозят автотранспортом. Но он является и самым дорогим. Высокие эксплуатационные расходы включают наиболее ёмкие составляющие, такие как

топливо и масло, шины, сменные агрегаты, поддержание дорог и т.д. В свою очередь по размеру капитальных затрат автотранспорт уступает железнодорожному и конвейерному.

Так, главным недостатком железнодорожного карьерного транспорта является сравнительно невысокий средний продольный уклон трассы (в 1,8 и 6 раз меньше по сравнению с автомобильным и конвейерным транспортом). Основным направлением развития и совершенствования железнодорожного транспорта считается увеличение уклонов путей до 60...80%, что позволит увеличить глубину ввода железнодорожного транспорта в карьере до 350...450 м [3].

В современных карьерах применяются локомотивы двух типов: электровозы и тепловозы. По способу питания двигателей электроэнергией современные карьерные электровозы разделяются на: контактные, контактно-дизельные и контактно-аккумуляторные. Контактные электровозы наиболее широко применяются в карьерах. Электроэнергия к ним поступает от контактной сети постоянного или переменного тока. В карьерах они преодолевают подъемы в 40-45%. Средняя масса электровозов достигает 200т, мощность-2500кВт. Применение электровозной откатки целесообразно на предприятиях с объемом транспортировки горной массы от 10-15млн м³.

Главной работой выполняемой здесь – необходимость прокладывать контактную сеть, которая затрудняет ведение горных работ и процесс передвижки уступных и отвальных путей. Решить проблему наличия контактной сети на передвижных путях помогает применение контактно-дизельных электровозов, которые работают на постоянных путях в электровозном режиме, питаются от контактной сети, а на не электрифицированных путях получая энергию от дизель-генераторной установки. Контактно-аккумуляторные электровозы при работе на не электрифицированных путях используют энергию аккумуляторных батарей. Подзарядка АКБ происходит при движении на электрифицированных путях, применение этого типа электровозов ограничению. Энергетические ресурсы, затрачиваемые при сооружении железнодорожного пути, суммируются из энергетических затрат, идущих на изготовление рельсов, крепежа, шпал, балластной призмы и относятся к сроку службы. Аналогично определяются энергетические затраты для контактной сети и сопутствующей инфраструктуры и относятся к сроку службы.

Энергетические затраты, расходуемые на выполнение транспортной работы в течение года, определяются расходом энергоресурсов (электроэнергии, дизельного топлива, газа, угля и т.д.) на перевозку грузов за этот год. Энергетические затраты, компенсирующие или предотвращающие вредное воздействие транспорта на окружающую среду, складываются из энергетических затрат, ликвидирующих загрязнения техническими средствами атмосферы, водных источников и почвы [1].

Выбор эффективной транспортной схемы для горного предприятия требует всестороннего анализа многих взаимосвязанных факторов, в том числе с учетом прогнозирования ситуации на десятилетия вперед. Задача усложняется и убыстряется. Решение, которое еще вчера было эффективно и рентабельно, оправдывало большие капитальные затраты, сегодня может уже не выдерживать конкуренции. При определении основных приоритетов развития карьерного транспорта необходимо применять подход, при котором используется наиболее выгодный транспорт на определенном участке горных работ, в том числе и на электрической тяге.

Литература

1. Смородинова Л.А. Определение энергетических затрат на железнодорожном транспорте открытых горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва. – 2006. – № 2. – С. 207.
2. Потапов М.Г. Направления развития карьерного транспорта // Материалы научного симпозиума на тему: «Современное горное дело: образование, наука, промышленность. – 1996. – С. 106.
3. Ю.А Бахтурин Современные тенденции развития карьерного транспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. – С.409.

ТЕРМОКОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОШКАФОВ

Насыров А.А.

minining@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Оборудование электрических щитов и шкафов подвержено 2 основным факторам старения: временному и эксплуатационно-технологическому. В силу размещения шкафов в различных условиях могут добавляться дополнительные факторы (климатические, барометрические, температурные, жидкостные, газовые и т.д.) влияющие на продолжительность и безаварийность эксплуатации электрооборудования. Поэтому возникает необходимость внеочередных осмотров оборудования, помимо графика ТО и ТР, что влечет за собой значительные трудозатраты и отвлекает персонал от ремонтных работ. Достаточно сказать, что на осмотр оборудования электрошкафов и щитов уходит, в силу их разнесения на объектах на расстояния до нескольких километров, до 20% рабочего времени дежурной смены.

Возникает вопрос: можно ли сократить непроизводительные трудозатраты на осмотр и при этом не потерять контроль за ситуацией в электрохозяйстве?

Предлагается пересмотреть подход к территории электрошкафа (щита) только как месту расположения электроаппаратуры. Надо переходить к смарт-шкафам: сделать часть шкафа сенсорной, для того чтобы каждый шкаф (щит) сам сообщал о неисправностях. В частности, для температурного контроля режимов работы оборудования, как наиважнейшего показателя эксплуатации электросетей, необходимо оборудовать внутреннюю поверхность шкафа несколькими инфракрасными тепловыми датчиками. На трансформаторных подстанциях и в приключательных панелях, расположенных в помещениях, по периметру внутренности шкафа можно разместить гигроскопические и газовые датчики, датчики задымления и пламени, а также датчик запираания.

Все данные, поступающие с датчиков, могут передаваться по 2 обычным 8-ми жильным интернет-проводам «витая пара» Универсальное питание для датчиков в среднем +5В (4,2...5,6В) должно поступать как по интернет-проводу (питающая витая пара), так и с самого шкафа через выпрямитель и стабилизатор. Резервирование питания необходимо для надежной работы смарт-шкафа при неисправностях силовой электросети, либо отключении вводного автомата данного шкафа (щита). При необходимости, шкаф можно оснастить установкой автоматического пожаротушения с порошковым или газовым наполнителем. Задействовать режим тушения также можно с помощью дистанционного управления по проводному интернет-каналу.

Линии управления можно выполнить и в модульном радиоканальном исполнении, но этот способ менее надежен. Режим радиуправления будет более оправдан для переносных электрощитов.

В наиболее современном исполнении электрошкаф уже должен иметь инфракрасную сенсорную стенку, которая будет выполнять роль следящего устройства, взамен дискретных датчиков. Регуляция температуры происходит посредством включения тихоходных вентиляторов. Данные могут передаваться через радиомодуль, вставленный в шкаф, либо проводным путем – через кабель и штекер.

Преимущество шкафов с сенсорными инфракрасными стенками – возможность иметь картинку нагрева частей всего шкафа на большом дисплее и в её сохранении в электронном архиве самого шкафа неограниченно долгое время.

ОТ ТЕРМОДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ К СМАРТ-ДВИГАТЕЛЮ

Насыров А.А.

minining@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Работа электродвигателей средней и большой мощности в стесненных условиях трудно проветриваемых помещений с запылением показала слабое место их эксплуатации - сильный нагрев движущихся частей и, как следствие, излишний нагрев всего двигателя. Это явление связано с большим количеством тонкодисперсной пыли, присутствующей при работе электродвигателя вокруг него – как на стенках, полах и потолках помещений, почве и кровле горных выработок, так и в воздухе. Особенностью эксплуатации двигателя является эффект ротации частиц пыли в месте его установки. В первую очередь, пыль притягивается движущимися поверхностями вследствие прилипания к смазке (адгезии), а также электризации. Со временем количество осевших частиц растет, вызывая загрязнение смазки, её загустевание и превращение в полужидкий абразив, истирающий защитное уплотнение. Повышенное трение приводит к нагреву, расширению сальниковых уплотнений и попаданию пыли внутрь двигателя. Если помещение или горная выработка запылены, правила технической эксплуатации двигателя даже в пыли-влагозащищенном исполнении требуют проведения частых профилактических мероприятий. Но, к сожалению, текущее обслуживание двигателя, работающего в запыленных условиях, не предусматривает чистку и смазку с разборкой его конструкции.

Опасное повышение температуры двигателя из-за усиливающейся абразивности в трущихся узлах, загустевания смазки, может быть отслежено цифровым многоканальным блоком контроля температуры с датчиками, вживленными в тело электродвигателя. Кроме того, эффекты быстрого повышения температуры отдельных частей статора от воздействия электромагнитного поля при чрезмерном замедлении или разгоне ротора, при локальных межвитковых замыканиях, попадании инородных предметов в двигатель, при биении или разрушении подшипников, также могут быть диагностированы данным методом.

Предлагаемый температурный контроль позволит в реальном времени производить непрерывную автоматическую термодиагностику электродвигателя, контролируя не только непосредственно температуру, но и, опосредованно, некоторые электрические, электромагнитные и механические параметры, т.е. исправное и безопасное состояние двигателя. На дисплее, который может располагаться рядом с двигателем или дистанционно, должны чередоваться показания температур в главных узлах электродвигателя, начиная от его выходного вала к задней крышке, с периодичностью в 5сек.

Предельно допустимые значения температуры в определенных узлах должны иметь возможность ввода в память блока контроля, с учетом конкретных условий эксплуатации, уровней напряжений и токов, внешней температуры, атмосферного давления и с запасом на вероятность изменений совокупности данных условий. При зашкаливании нескольких предельных значений в период времени, больший определенного промежутка, раздастся предупреждающий продолжительный сигнал из сирены, расположенной у двигателя, т.е. двигатель сам «подаст голос» о наличии своего перегрева. Через определенное время, если температура не упадет и персонал не примет меры к устранению неисправности работающего механизма, электродвигатель подаст продолжительную серию коротких громких сигналов, а блок управления сформирует сигнал на разрыв управляющей цепи пускателя и двигатель отключится. Блок контроля температуры обязательно должен содержать чип памяти для отслеживания истории термодиагностики в реальном времени.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАВИТАЦИОННЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ В ГЕОЛОГИИ

Перекрестов В.Е., Фахретдинов Л.И. (Научный руководитель Жернаков А.П.)
Perekrestov_viktor@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Вопрос увеличения дебита скважин является актуальным направлением деятельности в рамках которого необходимо решить некоторые, как конструктивные, так и технологические моменты – применение фильтров индивидуальной конструкции, менее поддающиеся проблеме кольтатации в условиях их эксплуатации, а так же разработать оптимальные режимы работы скважин, в каждом конкретном случае, исходя из параметров той зоны в которых ведется отбор флюида и рассмотреть в качестве перспективного направления доработку способов кавитационной обработки фильтровой области скважин.

Актуальность этого вопроса заключается в применении технологии исключающей применение токсичных и вредных для экологии и человека веществ.

В промышленности кавитация часто используется для гомогенизации, или смешивания и отсадки взвешенных частиц в коллоидном жидкостном составе.

Кавитационное воздействие на жидкость позволяет получать высококачественные технологические, пищевые и биологически активные растворы экстрактов, эмульсии и суспензии. К таким системам относятся овощные и фруктовые соки, пюре, пасты, майонезы, гомогенизированное и восстановленное молоко, йогурты, мази, кремы, системы, содержащие биологически активные вещества (пектин, танин, аминокислоты, вытяжки и экстракты), водотопливные эмульсии и суспензии, лакокрасочные материалы и т.п.

Кавитационное воздействие на нефть и нефтепродукты позволяет увеличить выход легколетучих фракций при атмосферной перегонке. Так же воздействуя на твердые материалы, мы можем уменьшать их шероховатость посредством кавитации.

Так же кавитация используется и в других областях, к примеру, в медицине, косметологии и др. Таким образом кавитационные способы обработки являются наиболее перспективными. Практика показывает успех применения данного метода. Давайте разберемся, что же из себя представляет данное явление.

Кавитацией называют явление образования в жидкостях полостей, заполненных паром. Оно возникает за счет местного понижения давления в жидкости, которое появляется после прохождения акустической волны большой интенсивности или при увеличении скорости течения. Также возможны и другие причины возникновения кавитации.

В некотором смысле физика данного явления схожа с физикой закипания жидкости. Но есть важное различие. В случае закипания изменение фазового состояния жидкости происходит при давлении, равном давлению насыщенного пара. В то же время в случае кавитации аналогичный параметр больше давления насыщенного пара, а падение давления происходит не по всему объему, а носит локальный характер.

В момент схлопывания кавитационного пузырька, давление и температура газа локально могут достичь значительных величин. После схлопывания пузырька в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная волна, быстро затухающая в пространстве. При генерировании импульсных растягивающих напряжений в жидкости, присутствующие в ней зародыши кавитации (устойчивые паровые и газовые пузырьки малых размеров) начинают расти, образуя кавитационный кластер, форма и размеры которого определяются начальным спектром размеров кавитационных зародышей, характером прикладываемого напряжения и граничными условиями.

В кавитационный пузырек могут проникать пары жидкости, растворенные газы, а также вещества с высокой упругостью пара и не могут проникать ионы или молекулы нелетучих растворенных веществ. Выделяющейся в процессе схлопывания пузырька энергии

достаточно для возбуждения, ионизации и диссоциации молекул воды, газов и веществ с высокой упругостью пара внутри кавитационного пузырька.

Эрозия твердого тела (разрушение поверхности), очистка поверхностей, диспергирование твердых частиц, растворение, экстрагирование, эмульгирование, гомогенизация, пенообразование осуществляются, в основном, за счет двух характерных проявлений кавитации: ударных волн и кумулятивных струек, образующихся при схлопывании кавитационных пузырьков.

Кумулятивные струйки разрушают поверхностные слои и поверхность твердого тела за счет кинетической энергии жидкости. Мелкие частицы твердого тела, размеры которых соизмеримы с поперечным сечением кумулятивных струй, увлекаются ими и дают дополнительный вклад в процесс разрушения поверхностных слоев и самих твердых частиц, находящихся в жидкости.

Литература

1. Н.И. Сердюк, кавитационные способы декольматажа фильтровой области буровых скважин.
2. М.А. Промтов, перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов.

ПОВЫШЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ГТУ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРИ ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Богданов И.А.

Ivanium_1993@mail.ru, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Генерация электрической энергии газотурбинной установки – процесс, который зависит от множества факторов. Примером такой существенной зависимости являются параметры окружающей среды – температура, давление, влагосодержание, влияющие на плотность, уменьшение которой влечет за собой уменьшение показателя расхода воздуха, снижая мощность газотурбинных установок. При этом давление и влагосодержание играют несущественную роль в изменениях работы установки по причине относительно невысоких колебаний их значений в отличие от температуры, имеющую разброс в разных регионах России и странах СНГ до 91°C (от –51°C до +40°C по данным Росгидрометцентра). Из-за этого мощность на выходе генератора газотурбинной установки может меняться более чем на 25%. Согласно ГОСТ Р 54403-2011 падение фактической мощности на выходе установки не должно превышать 4% от номинальной при эксплуатации согласно нормативным правилам. Однако при указанной температуре это изменение может быть значительно больше.

Подробное влияние температуры воздуха окружающей среды на работу газотурбинной установки можно найти в паспортных характеристиках установки, предоставляемых производителями. Анализ технического паспорта установки SGT-800 компании Siemens показал, что номинальная мощность – 47 МВт на выходе генератора достигается в результате работы установки при температуре 20°C. Согласно того же технического паспорта при эксплуатации установки в условиях с температурой воздуха 40°C мощность установки может отклоняться от номинальной до 25%. В условиях зимних холодов установка способна генерировать электроэнергию мощностью, превышающей номинальную до 15% с номинальной надежностью согласно ГОСТ Р 54403-2011.

Практические исследования той же установки так же показали снижение до 25% мощности при сильных повышениях температуры летом на территории Казахстана. Как отмечалось выше снижение мощности начинается при температуре выше 20°C. Как показал анализ – на территории Казахстана температура только в мае превышала отметку 20°C на протяжении более 171 часа, за весь летний период более 1000 часов.

Помимо понижения электрической мощности при повышении температуры окружающей среды происходит повышение тепловой мощности агрегата, утилизация которой в летний период сложнее, чем в зимний, по причине отсутствия необходимости в отоплении.

Для решения данных проблем создаются тригенерационные системы на основе газотурбинной установки и абсорбционной холодильной машины. Эти машины используют тепловую энергию для отопления помещений в зимний период и для генерации энергии холода в летний период. Различают абсорбционные холодильные машины, которые способны генерировать холод мощностью от 35 до 8800 кВт с температурой на выходе до –5 °C используя в качестве энергоносителя попутный нефтяной и природный газ, пар, горячую воду и выхлопные газы газотурбинной установки. Наиболее популярными являются абсорбционные холодильные машины на горячей воде и выхлопных газах, так как затраты минимальны при использовании в качестве энергии выход тепловой энергии с газотурбинной установки. Полученную энергию холода можно использовать для охлаждения воздушного потока на входе в газотурбинную установку для повышения электрической мощности на выходе установки, а также для охлаждения офисных помещений в рабочее время в жаркий период для поддержания оптимальной температуры 20-22 градуса (ГОСТ 30494-2011) и технических помещений, в том числе серверных, для охлаждения транспортируемых нефтепродуктов и газов. Для наиболее эффективной работы тригенерационной системы

предлагается также использовать бинарный режим, в котором будут использоваться излишки тепловой энергии для генерации дополнительной электрической энергии. Для согласования работы сетей, в том числе устранения разности частот используются шины переменного тока с двумя выпрямителями, двумя инверторами и синхронизацией, использующей опорный сигнал от ГТУ или предустановленный опорный сигнал для основной и дополнительной установок

Основными задачами, возникающими при внедрении абсорбционных холодильных машин, является создание подробных технико-экономических обоснований оптимальных решений, обеспечивающих эффективное использование холода для повышения эффективности энергетических установок.

Литература

1. Цанев, С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремизов; под ред. С.В. Цанева. – 3-е изд., стереот. – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 573 с.
2. Промышленная газовая турбина SGT-800. Публикация и авторское право: SiemensAGenergysectorFreyeslebenstrasse 191058 Erlangen, Германия.
3. Моренов В.А. Повышение эффективности энергоснабжение объектов нефтегазовых промыслов с использованием попутного нефтяного газа в качестве энергоносителя. Санкт-Петербург – 2016
4. ГОСТ Р 54403-2011 Установки газотурбинные для привода турбогенераторов. Общие технические условия
5. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
6. Данные по состоянию погоды на 2016-2017 год. Росгидрометцентр. <http://meteoinfo.ru>
7. Данные по состоянию погоды на летний период 2016г. Казгидромет. kazhydromet.kz

О ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ И РАБОТАХ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Лимитовский А.М.

mgri-rggru@uminer.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Применительно к предприятиям минерально-сырьевого комплекса, являющихся энергоёмкими объектами со сложной специфичной работой, приоритетные направления научных исследований в области их энергетики традиционно сосредотачивались на вопросах энергообеспечения и электробезопасности (см. материалы научных конференций МГРИ-РГГРУ предыдущих лет).

Основным вариантом энергообеспечения таких объектов была повсеместно признана система централизованного энергоснабжения как наиболее надежная и экономичная, а альтернатива ей практически не рассматривалась.

Глубокие структурные преобразования в энергетике страны, связанные с приватизацией и изменением условий ценообразования в области производства, передачи и распределения электроэнергии, введение санкций на поставку оборудования, определяют сегодня изменения и по основным направлениям научно-исследовательских работ в области энергетики предприятий минимально сырьевого комплекса с проявлением все большего интереса к освоению систем локального когенерационного энергообеспечения и возобновляемых энергоисточников, к модернизации отечественного горно-геологического оборудования на основе частотно-регулируемого привода, к внедрению в практику горных работ экономико-математического моделирования систем энергообеспечения, прогнозирования и управления режимами надежного энергопотребления.

По энергетической тематике на международную научную конференцию МГРИ-РГГРУ 2017 года представлено 20 научных докладов (Москва, Санкт-Петербург, Минск, Навои) по направлениям:

- a) Когенерационное энергообеспечение [1-й, 2-й, 11-й доклады];
- b) Возобновляемые энергоисточники [3-й, 4-й, 12-й, 13-й доклады];
- c) Модернизация электропривода отечественных установок [7-й, 8-й, 14-й доклады];
- d) Экономико-математическое моделирование систем энергообеспечения [5-й, 17-й, 19-й, 20-й доклады];
- e) Прогнозирование и управление режимами безопасного электропотребления [6-й, 9-й, 10-й, 15-й, 16-й, 18-й доклады];

Предварительно ознакомившись с тезисами докладов, по отмеченным направлениям можно сделать заключение, что они актуальны, своевременны и согласуются с планом работы секции энергетической комиссии РАЕН (РГГРУ-СПГГУ).

Литература

1. Лимитовский А.М., Косьянов В.А. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ: Учебник для вузов, – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : РУДН, 2009 – 384 с.
2. Лимитовский А.М., Меркулов М.В., Косьянов В.А. Энергообеспечение технологических потребителей геологоразведочных работ: Учебное пособие. – М. : ООО «ИПЦ “МАСКА”», 2008 – 136 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Мурин А.С., Явуз Б.С., Ярмухаметов Р.Ш.
(Научный руководитель Лимитовский А.М.)**

anton.marvel@mail.ru , borisyavuz@mail.ru, Российский государственный
геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ),
Москва, Россия

С момента разработки в конце XIX века М.О. Доливо-Добровольским системой трехфазного тока российские горняки явились первопроходцами внедрения электророзэнергии на горных предприятиях, позволявшей наиболее эффективно решать вопросы производства, передач, преобразования, распределения и потребления энергии энергоемкими потребителями горных пород.

Альтернативы в части использования электроэнергии на горных предприятиях нет, как и не было ее ранее в отношении поставки энергии от централизованной энергосистемы, обеспечивавшей высокое ее качество и наиболее низкую себестоимость 1 кВт*ч.

С 2008 года, когда прекратило свое существование Единая энергетическая система страны (РАОЕЭС), технико-экономические параметры внешнего энергообеспечения (надежность, себестоимость электроэнергии, доступность подключения) резко изменились в худшую сторону, вызвав появление широкой заинтересованности в использовании локальных энергоисточников.

Принимая во внимание, что большинство горных предприятий являются потребителями не только электрической, но и тепловой энергии, получаемой от преобразования электроэнергии, интерес к использованию комплексных энергоисточников (когенерационных систем) возрастает в еще большей степени.

Применительно к условиям производства геологоразведочных работ в отдаленных районах вопросы когенерационного энергообеспечения использовались нами в широком диапазоне. Совместно с АНХ была разработана методика технико-экономического обоснования эффективности применения подобного рода энергетических систем, которая учитывает факторы времени, налогообложения, инфляции и других. Задавшись параметрами горных предприятий, произведя по ним электротехнические расчеты, выбрав соответствующее расчетам энергетическое оборудование, приняв его современные цены, стоимость электроэнергии и топлива, используя указанную методику произведены исследования эффективности применения когенерационных систем энергообеспечения горных предприятий, ведущих работы подземным способом, в зависимости от соотношения электрических и тепловых нагрузок, реальный диапазон изменения стоимости электрической и тепловой энергии, удаленности от региональных систем.

Литература

1. Лимитовский А.М., Косьянов В.А. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ: Учебник для вузов, – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : РУДН, 2009 – 384 с.
2. Лимитовский А.М., Меркулов М.В., Косьянов В.А. Энергообеспечение технологических потребителей геологоразведочных работ: Учебное пособие, – М. : ООО «ИПЦ “МАСКА”», 2008 – 136 с.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Харченко В.А. (Научный руководитель Лимитовский А.М.)

kharchenva_93@bk.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Являясь высокоэнергоемкими объектами, горные предприятия традиционно используют централизованные системы электроснабжения. Глубокие структурные преобразования, связанные с приватизацией и изменением условий ценообразования в области производства, передачи и распределения электроэнергии приводят к снижению надежности энергосистем, росту стоимости отпускаемой энергии и стоимости за ее подключение, что вызывает проявление интереса к использованию локальных энергоисточников.

Комплексные локальные когенерационные энергоисточники, к которым относятся в первую очередь дизельные электростанции, позволяют нередко более эффективно и в короткие сроки обеспечить электрической и тепловой энергией небольшие горные предприятия, ведущие работы подземным способом.

Целью нашей работы явилось технико-экономическое исследование возможности и целесообразности использования когенерационных систем на открытых горных работах.

В качестве объекта исследования был избран участок очистных горных работ Стойленского ГОКа с номинальной мощностью потребителей $P_n = 8722$ кВт, снабжаемых электроэнергией от региональных линий сетей по двум независимым линиям электропередач напряжением 110 кВ.

Применительно к данным условиям было рассмотрено три варианта энергоснабжения:

- I от региональных электросетей;
- II от стационарных дизельных станций;
- III от индивидуальных дизельных станций.

Взяв за основу парк функционирующих потребителей в карьере, с их номинальными мощностями, были произведены электротехнические расчеты, в ходе которых было выбрано энергетическое оборудование:

– для I варианта электроснабжения – главный приемный пункт (ГПП) с трансформаторами ТДН -16000-110/6, стоимостью 16 500 000 и линий электропередач 110 кВ, стоимостью за 1 км 665 тыс. руб. ;

– для II варианта – 5 дизельных электростанций СТМ МТ.3050, номинальной мощностью – 2440 кВт, стоимость одной станции 54 000 000;

– для III варианта – 15 станций для комплексов бурения и уборки горных пород и 2 дизельных электростанции для водоотлива, марки СТМ SP.800 – Perkins, номинальной мощностью – 640 кВт, стоимость одной станции 8 000 000.

Технико-экономическое исследование вариантов электроснабжения производилось по методике, разработанной в РГГРУ совместно с Академией Народного Хозяйства при Правительстве РФ, учитывающей фактор времени, налогообложения, инфляции и др. Методика расчета затрат дана по трем вариантам.

Определение приведенных затрат по вариантам электроснабжения для разных периодов производилось по формуле:

$$Z = -K - K_o - И + D + E + A$$

где K – капиталовложения, руб.; K_o – необходимый начальный оборотный капитал, руб.;

$И$ – стоимость текущих затрат, приведенная к исходному моменту, руб.;

D – остаточная стоимость оборудования, приведенная к исходному моменту, руб.;

E – экономия на налоге на прибыль в связи с текущими отчислениями, руб.;

A – экономия на налоге на прибыль в связи с амортизационными отчислениями, руб.

Расчеты были произведены для двух систем электроснабжения:

- а) использование только электроэнергии
- б) комплексное использование электрической и тепловой энергии.

Результаты расчетов приведенных годовых затрат, тыс. руб.:

а) I вар. – 436 953, II вар. – 500 245, III вар. – 578 547.

б) I вар. – 436 953, II вар. – 250 141.

Вывод:

В результате сравнения затрат по I и II варианту энергоснабжения, можно сделать вывод, что использование дизельных электростанций с утилизацией тепла могло бы быть выгодным при условии наличия на месте работ его потребителей. Но так как на открытых горных работах их фактически нет, то использование утилизации тепла в таких условиях нецелесообразно, как и самих когенерационных систем в целом.

Литература

1. Лимитовский А.М., Косьянов В.А. Электрооборудование и электроснабжение геологоразведочных работ: Учебник для вузов, – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : РУДН, 2009 – 384 с.

2. Лимитовский А.М., Меркулов М.В., Косьянов В.А. Энергообеспечение технологических потребителей геологоразведочных работ: Учебное пособие, – М. : ООО «ИПЦ “МАСКА”», 2008 – 136 с.

ИСПЫТАНИЕ РАБОТЫ ЧАСТОТНО РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ ПИТАЕМОГО ОТ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Ролдугин К.В. (Научный руководитель Лимитовский А.М.)

mgri-rggru@uminer.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Геологоразведочные работы, проводимые в основном буровым способом, относятся к числу энергоемких технологий, в процессе которых потребляется большое количество как электрической, так и тепловой энергии. И большая доля этих энергозатрат связана с работой привода буровых установок. Поэтому оптимизация энергопотребления посредством модернизации привода на современной основе является актуальным научным направлением.

В практике буровых работ используется несколько типов привода: дизельный, электрический, гидравлический с возможными их комбинациями. В современных условиях электропривод является преобладающим, из-за основных его преимуществ: надёжность работы, длительный срок службы, компактность, высокая управляемость, степень автоматизации, широкий диапазон мощностных характеристик и пожаробезопасность.

В перспективе развития электротехнических комплексов предусмотрено внедрение энергосберегающих технологий и повышение уровня автоматизации процесса производства. В этой связи в электроприводе наиболее перспективными являются системы плавно-регулируемого привода как постоянного, так и переменного тока. Производственные испытания буровой установки УКБ-7 с приводом постоянного тока показали, что механическая скорость бурения возрастает на 25-40%, а расход энергии снижается на 40% по сравнению с традиционным приводом установки серии УКБ. Однако при этом было установлено, что использование постоянного тока в полевых условиях при передвижном характере работ затрудняет эксплуатацию бурового оборудования и снижает надёжность работ. Более перспективным в этом плане является использование плавно-регулируемого привода на основе двигателей переменного тока (УЧП-АД) с частотным регулированием скорости, что с успехом осваивается в практике бурения на нефть. Использование УЧП-АД по сравнению с ТП-Д повышает надёжность и долговечность привода, улучшает массогабаритные характеристики, повышает КПД и плавность регулирования.

Однако широкое использование в плавно-регулируемых системах силовых выпрямителей, преобразователей частоты приводит к появлению высоких гармоник резко ухудшающих качество электроэнергии и как следствие рабочие параметры оборудования. И если эти отрицательные моменты фиксируются в той или иной степени в системах центрального электроснабжения, когда мощность энергоисточника велика, то практически неизвестно, как будут проявляться эти моменты при локальном энергоисточнике соизмеримой мощности с потребителем (ДЭС).

Также среди отрицательных моментов можно выделить уменьшение срока эксплуатации электрооборудования, ложные срабатывания систем автоматики, сложности, выход из строя устройств компенсации реактивной мощности, отгорание нулевых проводов вследствие действия токов гармоник нулевых последовательностей и др.

А как повлияет это на работу самой ДЭС. Ведь в настоящее время 65% территорий России находится в зоне изолированного (автономного) энергоснабжения и в основном обеспечивается электроэнергией от дизельных электростанций, работающих на привозном топливе.

Что бы предварительно проявить нами был проведён опыт на Сергиево-Посадском учебно-научно-производственном полигоне, который смоделировал работу буровой установки УКБ-4, в комплекте с преобразователем частоты Micromaster mx 440 – 22kWt (далее – ПЧ) и получением энергии от дизельного агрегата АД30-Е400-1Р (Д-242).

От данной ДЭС медным кабелем длиной 185м и сечением 4х10 мм был подключен, через ПЧ, двигатель буровой.

Бурение велось без промывки с отбором керна. В ходе опыта было отмечено, что в мягких породах бурение шло стабильно, но при столкновении коронки с твердыми породами мощности ДЭС не хватало, и ПЧ не позволял повысить осевую нагрузку на колонну. Тем самым предотвращая ДЭС от перегрузки. Также стоит отметить, что на выходе из ЧП осциллографом были зафиксированы большие помехи в питающей сети.

Вывод:

- 1) В пределах номинальных мощностей ЧП электропривод работал устойчиво, позволяя осуществлять плавное регулирование в широком диапазоне;
- 2) Отмечались существенные (%) отклонения гармоник в питающей линии, что может создать осложнения в электропитании бурового насоса, работающего одновременно с вращателем.

Литература

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 – 136 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ В НАПРАВЛЕНИИ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ролдугин К.В. (Научный руководитель Лимитовский А.М.)

mgri-rggru@uminer.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Предприятия, ведущие горные и геологоразведочные работы, относятся к числу энергоемких объектов и имеют целый ряд специфических особенностей, осложняющих в значительной степени их энергообеспечение. К числу таких осложнений относятся:

- удалённость в подавляющем большинстве случаев от централизованных (региональных) энергосистем;
- территориальная рассредоточенность потребителей энергии;
- передвижной характер работ;
- влияние атмосферных воздействий и технологических факторов;
- ограниченность рабочего пространства и возможность наличия взрывоопасной атмосферы при ведении подземных горных работ;
- потребность в высоком уровне надёжности энергообеспечения (I-II категории).

Всё это предопределяет необходимость применения специального (рудничного) высокоэффективного оборудования на базе электропривода и надёжных экономичных систем энергообеспечения.

Электроэнергия, является базовым видом энергии на предприятиях горно-геологического профиля, позволяет легко и экономично преобразовывать её в другие виды энергии (пневматическую, тепловую), передавать её и распределять любые расстояния, использовать в наиболее компактных системах автоматизированного электропривода, в том числе и передвижных механизмов.

Поэтому основным типом привода отечественных буровых установок (типа ЗИФ, УКБ) был принят электропривод хорошо зарекомендовавший себя в практике буровых работ на протяжении прошлого века.

Глубокие структурные преобразования страны, связанные с приватизацией, сокращением производства, изменением ценообразования привели к падению исследований и разработок в области модернизации геологоразведочного оборудования и как следствие к отставанию технического уровня отечественных буровых установок от зарубежных аналогов. Многие российские геологоразведочные предприятия, выполняющие значительные объёмы работ предпочитают приобрести технику зарубежного производства.

Так, предприятие ООО «БЕЛОН-ГЕОЛОГИЯ» в парке бурового оборудования имеет отечественные установки ЗИФ-650 и зарубежные LF-90 с плавнорегулируемым приводом и большим ходом подачи бурового инструмента, произведя анализ технико-экономических параметров бурения (далее – ТЭП), оказывается, что производительность LF-90 оказалась в двое выше, а себестоимость на 30% ниже, чем у традиционных отечественных установок. Стоит отметить, что уже сейчас можно видеть тенденцию использования Китайских приводов используемых при производстве буровых работ, а именно электродвигателя переменного тока для частотно-регулируемых электроприводов главных механизмов буровой установки типа YJ13G2(G5) – VVVF.

Введение антироссийских санкций на поставку, в том числе и бурового оборудования, обуславливает проведение сегодня жесткого курса импортозамещения на основные модернизации отечественного электропривода установок типа УКБ, путём освоения плавно регулируемых автоматизированных систем управления в бурении на базе преобразователей частоты переменного тока. В той связи одним из основных направлений исследований в области энергетики буровых работ является установление эффективности использования

этих работ является установление эффективности использования этих систем с локальными энергосистемами ограниченной мощности.

Литература

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.

3. Важанин Р.Е. Сравнение технико-экономических показателей работы отечественных и зарубежных буровых установок в условиях ООО «БЕЛОН-ГЕОЛОГИЯ» / С.Я. Рябчиков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 175с.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Бабырь К.В.

77kir09@bk.ru, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Эффективность деятельности горнодобывающих предприятий определяется уровнем надежности и безопасности эксплуатации распределительных электрических сетей 6-10 кВ, представляющих собой сложные динамические системы с изменяющейся структурой и параметрами. Выполненный анализ эксплуатационных данных этих сетей установил, что наибольшее количество аварийных повреждений (70-80 % от общего числа аварийных случаев) связано с однофазными замыканиями на землю (ОЗЗ), количество которых зависит от конфигурации и протяженности сети, числа электроустановок, климатических условий и т.д. [1,2]. Если возникшее ОЗЗ своевременно не локализовать, то оно может привести к ряду негативных последствий, таких как:

- перенапряжения высокой кратности (2,5-3,5 по сравнению с фазным напряжением), распространяющиеся по всей электрически связанной сети и являющиеся причиной перехода режима однофазного замыкания в двойные или двухместные замыкания на землю;
- феррорезонансные процессы, которые являются причиной выхода из строя измерительных трансформаторов напряжения и малонагруженных силовых трансформаторов;
- разрушение железобетонных опор и возникновение пожаров в кабельных помещениях;
- опасность поражения обслуживающего персонала напряжениями прикосновения и шага.

Согласно [3] при надежно функционирующей защите от ОЗЗ уровень электротравматизма в электрических сетях 6-10 кВ удалось бы снизить более чем на 20 %. В этой связи организация эффективной защиты от однофазных замыканий на землю на предприятиях горнодобывающей отрасли является одной из приоритетных задач в части обеспечения надежности и безопасности электроснабжения потребителей.

На объектах распределительных сетей 6-10 кВ угольных предприятий широкое распространение получили защиты от однофазных замыканий на землю, основанные на контроле токов нулевой последовательности в установившемся режиме ОЗЗ. Однако обеспечить высокую селективность и чувствительность действия таких защит в условиях непостоянства конфигурации и высокой неоднородности распределительных сетей вследствие нестационарности электротехнических комплексов при ведении горнодобывающих работ не всегда представляется возможным. Для устойчивого функционирования токовых защит от ОЗЗ необходимо соблюдение условий, при которых значение суммарного емкостного тока сети, протекающего по поврежденному присоединению, превышало значения собственных емкостных токов неповрежденных линий в 3-5 раз и более [4].

Проведенный анализ устойчивости функционирования токовых защит от однофазных замыканий на землю распределительных сетей угледобывающих предприятий выявил низкую чувствительностью и селективностью их действия, что обуславливает высокую вероятность возникновения аварийных ситуаций, связанных с опасностью поражения обслуживающего персонала электрическим током и значительными экономическими ущербами из-за нарушений электроснабжения электроустановок.

Для повышения чувствительности действия защиты от однофазных замыканий на землю угледобывающих предприятий 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 сум-

марным током замыкания на землю сети, вследствие чего повысится чувствительность действия защиты.

В результате проведенных аналитических исследований, была выведена формула для выбора места установки разделительных трансформаторов:

$$l_{mp} = \frac{I_{сз.} - I_{л.с.}}{(K_{отс} K_{\psi} + 1) \cdot I_{ydi}},$$

где l_{mp} – требуемая длина линии, определяющая место установки разделительного трансформатора, км;

$I_{сз.}$ – суммарный емкостной ток замыкания на землю всех электрически связанных линий сети, А;

$I_{л.с.}$ – собственный емкостной ток линии, А;

$K_{отс}$ – коэффициент отстройки защиты;

K_{ψ} – коэффициент чувствительности;

I_{ydi} – удельный емкостной ток относительно земли, А/км.

Однако обеспечение необходимой чувствительности действия защиты от ОЗЗ не гарантирует устойчивости ее функционирования в условиях неполных замыканий фазы электрической сети на землю. Такой режим ОЗЗ характеризуется возникновением переходного сопротивления в месте замыкания на землю, величина которого носит стохастический характер и может достигать 5 кОм и более [3]. Широко применяемые в распределительных сетях угольных предприятий токовые защиты направленного и ненаправленного действия в условиях возникновения в сети неполных замыканий на землю оказываются неработоспособными вследствие того, что переходное сопротивление, как параметр контура нулевой последовательности, приводит к снижению рабочих сигналов, контролируемых для целей защиты [4].

Для обеспечения селективного действия защиты при неполных замыканиях на землю необходимо использовать инвариантную защиту от ОЗЗ, в которой предусмотрена оценка величины переходного сопротивления в месте замыкания фазы на землю и последующая автоматическая коррекция сигнала тока нулевой последовательности защищаемой линии с учетом неполноты замыкания. Экспериментальные исследования на физической модели распределительной сети опытного образца устройства защиты подтвердили ее высокую работоспособность в условиях вариации переходного сопротивления в месте замыкания [5].

Литература

1. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А. Проблемы обеспечения энергетической безопасности предприятий минерально-сырьевого комплекса // Записки Горного института. – т. 217. – 2016. С. 132-139.
2. Кудрявцев А. Исследование аварийности в сетях 6-10 кВ горно-металлургических предприятий // Новости электротехники. – № 6(60). – 2009.
3. Бухтояров В.Ф., Маврицын А.М. Защита от замыканий на землю электроустановок карьеров. – М. : Недра, 1986. 184 с.
4. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – СПб. : ПЭИПК, 2003. 350 с.
5. Пеленев Д.Н. Инвариантная защита от однофазных замыканий на землю для электрических сетей 6-35 кВ // Горное оборудование и электромеханика. Изд.: Новые технологии – №9. – 2014. – С. 16-20.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Лаврик А.Ю.

lavrik.alexander@gmail.com, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Несмотря на огромный потенциал, использование солнечной энергии оказывается ограниченным, т.к. не менее 80% солнечного излучения отражается от поверхности панели или преобразуется в тепловую энергию [1]. Нагрев солнечной панели негативно сказывается на её производительности: для кристаллических кремниевых элементов относительное снижение КПД составляет порядка 0,45% на каждый градус °C [2]. Кроме того, проведены исследования, доказывающие негативное влияние температуры на долговечность системы: установлено, что при нагреве модуля на каждые 10°C процесс старения кристаллов кремния удваивается [3].

Определение фактической температуры солнечного модуля при конкретных условиях является важной задачей, необходимой для строительства эффективной и надёжной системы генерации электроэнергии, а также для исследований в области повышения КПД панелей. Для её оценки введено понятие номинальной эксплуатационной температуры элемента (NOCT – nominal operating cell temperature). NOCT – это температура фотоэлектрического элемента при мощности солнечного излучения 800 Вт/м², температуре окружающего воздуха 20°C, скорости ветра 1 м/с и открытой задней поверхности панели. NOCT большинства панелей составляет около 48°C, и чем ниже данное значение, тем большую мощность выдаст элемент при работе в реальных условиях.

Определить фактическую температуру солнечного элемента можно по формуле [4]:

$$T_{Cell} = T_{Air} + \frac{NOCT - 20}{80} S,$$

где T_{Cell} – температура солнечного модуля [°C], T_{Air} – температура воздуха [°C], S – мощность солнечного излучения [мВт/см²].

Рабочая температура солнечного модуля на практике, обычно, составляет 50-55°C и выше [5], что соотносится с результатом, полученным по формуле: мощность инсоляции 800 Вт/м² соответствует пиковой мощности в солнечный летний день, когда температура воздуха может составлять порядка 30°C, тогда температура фотоэлектрического модуля составит

$$T_{Cell} = \frac{48 - 20}{80} \cdot 80 + 30 = 58 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В настоящее время известно множество вариантов охлаждения солнечных модулей. Их можно разделить на пассивные и активные методы.

Пассивные методы предполагают установку радиаторов охлаждения с тыльной стороны панели, либо покрытие модулей отражающими [6] или излучающими [7] инфракрасное излучение материалами различной конфигурации. Так, в одной из работ [7] предложено покрывать кремниевую панель слоем излучающего инфракрасные волны диоксида кремния пирамидальной формы толщиной до 120 мкм.

Активные методы подразумевают обеспечение принудительной циркуляции жидкостей или газов по каналам охлаждения панелей и, как правило, применяются редко. Известны исследования в части охлаждения панелей потоком воды, стекающей тонкой плёнкой по лицевой поверхности модуля [8, 9], распылением воды над поверхностью модулей [10], а также погружением модулей в дистиллированную воду на различную глубину [11].

Также в последнее время активно применяются комбинированные системы, позволяющие получать электроэнергию и горячую воду [12].

В ходе исследования дана оценка снижению КПД солнечных модулей от нагрева в различных регионах России, а также приведён пример расчёта снижения эффективности солнечных модулей для одного из городов России с самой высокой среднемесячной температурой июля и большой величиной инсоляции – Астрахани.

Среднемесячная температура воздуха в Астрахани в светлое время суток в июле 2016 г. изменялась от 22,1°C до 31,6°C, и составила 27,5°C. Месячная суммарная солнечная радиация в Астрахани в июле при наклоне панели под углом 35° составляет 184,5 кВт·ч/м². Тогда средняя величина мощности инсоляции в течение всего светового дня (около 15 ч в июле для данного региона) составит

$$S = 184500 / (31 \cdot 15) = 397 \text{ Вт} / \text{м}^2 = 39,7 \text{ мВт} / \text{см}^2$$

Тогда температура стандартной солнечной панели по приведённой выше формуле составит

$$T_{\text{cell}} = 27,5 + \frac{48 - 20}{80} \cdot 40 = 41,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В таком случае относительное снижение КПД солнечной установки с кристаллическими кремниевыми панелями, установленными под углом 35° к горизонту (без системы слежения) в июле 2016 г. в Астрахани в среднем составит 7,4% [2]. Тогда при номинальном КПД солнечной панели 20% она будет работать с электрическим КПД, равным

$$\eta = 20 \cdot (100 - 7,4) = 18,5\%,$$

а скорость старения кремния по сравнению с нормальными условиями возрастет более, чем в 2 раза [3].

В результате можно сделать вывод о необходимости исследований в области охлаждения панелей солнечных электростанций южной и средней полосы России и анализа экономической целесообразности данных мероприятий.

Литература

1. T.T. Chow, «A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology». Applied Energy 87, 2010, pp. 365-379.
2. E. Skoplaki and J. Palyvos, «On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: a review of efficiency/power correlations», Sol. Energy 83, 614-624 (2009).
3. D. Otth and R. E. Ross Jr., «Assessing photovoltaic module degradation and lifetime from long term environmental tests», Proceedings of the 1983 Institute of Environmental Sciences 29th Annual Meeting, Los Angeles, CA, April 19-21 1983, pp. 121-126.
4. R.G. Ross, «Flate-Plate Photovoltaic Array Design Optimization», 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference. San Diego, CA, pp. 1126-1132, 1980.
5. A. Jones and C. Underwood, «A thermal model for photovoltaic systems», Sol. Energy 70, 349-359 (2001).
6. T.M. Nilsson, G.A. Niklasson, «A solar reflecting material for radiative cooling applications: ZnS pigmented polyethylene», Sol. Energy Mater. Sol. Cells 28, 175-193 (1992).
7. L. Zhu, A. Raman, «Radiative cooling of solar cells» OSA Publishing: Optica, Vol. 1, Issue 1, pp. 32-38 (2014).
8. Krauter. S. «Increased electrical yield via water flow over the front of photovoltaic panels», Solar Energy Materials & Solar Cells, 2004, vol. 82(1-2), pp. 131-137.
9. L. Dorobantu, M. O. POPESCU, «Increasing the Efficiency of Photovoltaic Panels Through Cooling Water Film», U.P.B. Sci. Bull., Series C, 2013, vol. 75, Iss 4, pp. – 223-230.
10. R. Hosseini, N. Hosseini, «An experimental study of combining a photovoltaic system with a heating system», World renewable energy congress 2011, vol 8, pp. – 2993-3000.
11. S.A. Abdulgafar, O.S. Omar, «Improving the Efficiency of Polycrystalline Solar Panel via Water Immersion Method», International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology 2014, vol. 3, Iss. 1.
12. H. Jouhara, J. Milko, The performance of a novel flat heat pipe based thermal and PV/T (photovoltaic and thermal systems) solar collector that can be used as an energy-active building envelope material. Energy, 2015.

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Максимов Н.А.

Maxni97@mail.ru, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Даже в 21 веке снабдить электричеством каждый населенный пункт не всегда возможно. Электроснабжение труднодоступных посёлков – это острая проблема, решение которой является не только дорогим, но и сложным и трудоемким. Воздушные линии электропередач на сотни километров нуждаются в большом финансировании и постоянном обслуживании. Даже если не прокладывать дорогие воздушные линии электропередач до каждого посёлка, то всё равно остается множество проблем связанных с дизельными электростанциями, такие как: цена дизельного топлива, его транспортировка, загрязнение среды выхлопами и т.д. Идеальным выходом из такой ситуации на территории Республики (Саха) Якутии кажутся солнечные электростанции. Не смотря на низкие температуры зимой, в остальные дни по результатам исследований ряда институтов на территории города Якутска потенциал солнечной радиации оценивается больше, чем в Крыму и Краснодаре и составляет больше 2000 солнечных часов в год. Обоснование полезности дополнительных источников электроэнергии можно разобрать на примере уже действующей в посёлке Батамай солнечной электростанции.

Солнечная батарея – несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) – полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток. Фотоэлементы являются альтернативными источниками электроэнергии, которая производится за счет р-п перехода при освещении в полупроводниках. Основной плюс таких систем заключается в том, что солнечные панели не требуют как такового топлива, и, по сути, являются одним из самых экологичных методов генерации электроэнергии. Мощность же потока солнечного излучения на входе в атмосферу Земли, составляет около 1366 ватт на квадратный метр. Что позволяет задуматься, о том насколько может быть просто, получить электроэнергию.

Батамай – село в Кобяйском улусе Республики Саха (Якутия). Население, которого составляет 233 человек согласно всероссийской переписи населения 2010 года. Расстояние до ближайшего районного центра – Сангар примерно 106 километров. В посёлке Батамай в электроснабжении нуждаются 83 здания, из которых 60 жилых.

Батамайская СЭС в эксплуатации с 2011 года и первоначальная установленная мощность составляла 10 кВт. Были установлены солнечные панели модели JRM195. Напряжение холостого хода 44,2 В; ток короткого замыкания 5,79 А; пиковое рабочее напряжение 36,1 В; пиковый рабочий ток 5,4 А; максимальная мощность 195 Вт; рабочая температура от -40 до +85. Число и способ соединения батареи 72 (6x12), габариты 1580x808x35 мм, вес такой панели 15,1 кг. А так же были установлены трехфазные сетевые инверторы Triple-Lynx 10 кВт. Устройство предназначено для преобразования постоянного тока в переменный, и выдачи электроэнергии в сеть. На станции работает 9 человек.

В 2012 году количество установленных панелей с 52 увеличили до 136 штук, тем самым повысив выдаваемую мощность с вышеуказанных 10 кВт до 30 кВт. Так же для нового количества панелей было докуплены два трехфазных сетевых инвертора.

Расположение панелей солнечных модулей на конструкции выполнена на устойчивой подставке навстречу югу (для северного полушария), наклонная поверхность земли от 30 до 50 градусов, крепление выполнено болтовым соединением. Неправильная ориентация установки панели приводит к потере выходной мощности. Угол наклона зависит от времени, когда работает солнечная электростанция.

Инверторы установлены в операторской Батамайской дизельной электростанции. Техническое соединение «Солнечные панели – Инвертор» осуществлено воздушной кабельной линией.

При соединении панелей последовательно положительной полюс (анод) первой панели должен соединиться с отрицательным полюсом (катод) следующей панели и т.д.

Ввиду технических требований к номиналу мощности инвертора, было решение разделить общее количество на 9 групп, т.е. 9 конструкций (3 инвертора по 3 ввода).

Система позволяет Батамайской дизельной электростанции сильно экономить на топливе. Экономия за три месяца по выработке СЭС-30 кВт составила 3,041 тонн. В денежном выражении на 2012 год составляет около 104,7 тысяч рублей. Солнечная электростанция окупится примерно за 8,9 лет. Учитывая, что средний срок службы солнечных панелей около 25 лет, использование таких систем является экономически выгодным.

На примере Батамайской СЭС можно делать выводы о том, насколько целесообразна постройка дополнительного источника электроэнергии. Оборудование СЭС является компактным, срок их службы до 25 лет, у нее отсутствуют вращающиеся и движущиеся механизмы, что исключает износ деталей, она не требует больших затрат на эксплуатацию, и обладает низкой себестоимостью, при обслуживании и эксплуатации СЭС не требует высококвалифицированного персонала и т.д.

В мировой практике солнечные фотоэлектростанции (СФЭС) широко применяются для выработки как электрической, так и тепловой энергии. В России введены системы электроснабжения с СФЭС мощностью 10 и 30 кВт в Республике Саха, Омской области, Краснодарском крае и в ряде других регионов страны. При этом стоимость фотоэлементов уменьшилась за последний год на 25%.

Панели, предоставленные здесь, не являются самыми современными или наиболее мощными. КПД представленных в работе панелей составляет около 14-18%. Уже сейчас можно приобрести панели, КПД которых будет, превышает это число ориентировочно в два раза.

Литература

1. Ефимов А.С. Отчет о работе Батамайской солнечной электростанции установленной мощностью 10 кВт за период 01.08.2011 – 31.07.2012 г. – Якутск : САХАЭНЕРГО, 2012, С. 5-10.

2. Ефимов А.С. Отчет о работе Батамайской солнечной электростанции установленной мощностью 30 кВт за период 26.07.2012 – 05.11.2012 г. – Якутск : САХАЭНЕРГО, 2012, С. 5-16.

3. Яковлева Э.В. Электротехнический комплекс для электроснабжения геологоразведочных работ с использованием солнечной электростанции. – СПб. : 2013. 21 с.

4. Solar Spectra: Air Mass Zero http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am0/am0_index.html.

КОМПЕНСАЦИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ГИБРИДНЫМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ, ОСНОВАННЫМ НА АКТИВНОМ И ПАССИВНОМ ФИЛЬТРАХ, АДАПТИРОВАННЫМ К МНОГОИНВЕРТОРНОМУ ЭЛЕКТРОПРИВОДУ

Сычев Ю.А., Абрамович Б.Н., Зимин Р.Ю.

suchev_ya@spmi.ru, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время на предприятиях минерально-сырьевого комплекса внедряются электроприводы с многоинверторным преобразователем частоты для уменьшения стоимости основного энергетического оборудования. Применение многоинверторного преобразователя частоты нашло место для питания электродвигателей с исполнительными механизмами различного функционального назначения.

Для снижения величины высших гармоник необходимо применять различные специализированные технические средства и решения. Основными устройствами для снижения уровня высших гармоник в электрических сетях являются пассивные и активные фильтры.

Пассивный фильтр представляет собой LC-цепочку, настроенную на устранение или уменьшение величины только отдельной гармонической составляющей, находящейся в каждой фазе трехфазной системы электроснабжения.

Такие фильтры обеспечивают компенсацию реактивной мощности и настраивается на частоту устранения необходимой гармонической составляющей. Пассивные фильтры подбираются для каждого конкретного случая в соответствии с гармоникой, которую требуется устранить. Они экономичны, их легко монтировать и вводить в эксплуатацию.

Активные фильтры используют для решения большинства задач качества электроэнергии – это и фильтрация гармоник, их подавление практически вплоть до полной ликвидации, и управление реактивной мощностью для коррекции коэффициента мощности, и регулирования напряжения, и балансирование несимметрии нагрузки, и снижение фликера.

Помимо типичных структур коррекции синусоидальных кривых тока и напряжения существуют и другие – гибридные структуры компенсации высших гармоник, состоящие из активных и пассивных фильтров, соединенных различным образом в зависимости от функционального назначения [1].

Для компенсации высших гармонических составляющих предлагается использовать общее звено постоянного тока для подключения автономных инверторов преобразователя частоты и гибридного электротехнического комплекса на основе активных и пассивных фильтров.

Разработанный гибридный электротехнический комплекс имеет ряд отличительных особенностей. Входящий в его состав активный фильтр подключен с состав звена постоянного тока многоинверторного преобразователя частоты, что значительно удешевляет стоимость разработанного фильтрокомпенсирующего устройства по сравнению с существующими в настоящее время аналогами.

Помимо активного фильтрокомпенсирующего устройства состав гибридного электротехнического комплекса дополнительно входит емкостной пассивный фильтр, являющийся высокочастотным фильтром, служащий для исключения резонансных явлений на частотах более 2 кГц.

Теоретической базой построения системы управления разработанного гибридного комплекса является $d-q$ теория. Данная теория основана на переходе из системы координат $a-b-c$ в систему координат $d-q$, вращающуюся с частотой питающей сети [2]. Такое преобразование осуществляется за два этапа.

На первом этапе происходит преобразование системы координат $a-b-c$ в систему координат $\alpha-\beta-0$ называется преобразованием Кларка.

В электрических цепях без нулевого провода ток нулевой последовательности не существует, поэтому можно воспользоваться упрощенным преобразованием. Если напряжение питания в сетях с нулевым проводом симметричны, то напряжение нулевой последовательности также будет равно нулю.

На втором этапе происходит преобразование из системы координат $\alpha\text{-}\beta$ в систему $d\text{-}q$. Переход из неподвижной системы координат $\alpha\text{-}\beta$ во вращающуюся систему $d\text{-}q$ называется прямым преобразованием Парка [3].

Для того, чтобы обеспечить минимальную величину пульсаций тока автономного инвертора напряжения гибридного электротехнического комплекса, снизить потери в инверторе, увеличить диапазон регулирования тока и линеаризовать релейные регуляторы тока, ширина зоны гистерезиса должна быть как можно меньше (высокая частота переключений релейного элемента). Однако частота импульсов управления силовыми ключами инвертора не должна длительно превышать предельно допустимую частоту, обусловленную минимальным временем коммутации управляемых полупроводниковых элементов инвертора и их способностью рассеивать выделяемую на них мощность коммутационных потерь. Таким образом, для оптимальной настройки релейных регуляторов тока необходимо определить режим их работы с точки зрения максимальной частоты коммутации силовых управляемых полупроводниковых элементов инвертора и вывести зависимость между этим режимом и шириной зоны гистерезиса.

По результатам компьютерного имитационного моделирования исследованы показатели качества электрической энергии в системе электроснабжения с применением гибридного электротехнического комплекса, основанного на активном и пассивном фильтрах, адаптированного к многоинверторному преобразователю частоты.

По результатам анализа осциллограмм и спектрограмм кривых тока и напряжения следует, что качество электроэнергии после компенсации высших гармонических составляющих соответствует требованию ГОСТ 32144-2013.

Разработанное техническое средство обеспечивает сокращение высших гармонических составляющих, как по току, так и по напряжению; обеспечивает полную компенсацию реактивной мощности, потребляемой из сети.

Проведено исследование по устойчивости компенсации высших гармоник в системе электроснабжения от изменения зоны нечувствительности релейных регуляторов тока.

Рассчитан экономический эффект от использования предложенного гибридного электротехнического комплекса, заключающийся в снижении потребления дизельного топлива в автономных системах электроснабжения. Определен примерный срок окупаемости разработанного гибридного электротехнического комплекса, который составляет 3,2 года.

Таким образом, применение гибридного электротехнического комплекса с общим звеном постоянного тока обеспечивает качество электрической энергии в системе электроснабжения и увеличивает уровень электромагнитной совместимости и срок службы основного энергетического оборудования.

Литература

1. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Зимин Р.Ю. Оценка эффективности гибридных систем коррекции формы кривых тока и напряжения в электрических сетях с распределенной генерацией. – М.: Промышленная энергетика. – №8. – 2015. – с. 49-53.
2. S.P. Litran, P. Salmeron, J. Prieto Alejandro Perez, «Control strategy for an interface to improve the power quality at the connection of AC microgrids», in Proc. of the International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'14) Cordoba (Spain), no.12, April 2014, pp. 27-33.
3. L.F. C. Monteiro1, J.L. Afonso, J.G. Pinto, E. H. Watanabe, M. Aredes, H. Akagi, «Compensation algorithms based on the p-q and CPC theories for switching compensators in micro-grids», in Proc. of the 10th Brazilian Power Electronics Conference, vol. 1149, September/October 2009, pp. 32-40.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОСТОЯННОГО ТОКА

Веприков А.А.

veprikov.aspirant@yandex.ru, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Силовая преобразовательная техника широко используется в электротехнологических установках постоянного тока. Основными потребителями электроэнергии являются электролизёры, дуговые печи постоянного тока, установки графитизации и получения поликристаллического кремния [1]. В качестве источников постоянного тока используются преобразовательные агрегаты, выполненные по схеме «силовой трансформатор – выпрямитель» или по схеме «параметрического источника». В обоих случаях требуется изменение электрических выходных параметров (напряжения, тока, мощности) для обеспечения оптимального протекания технологического процесса.

В качестве регулирующих элементов используются устройства переключения числа витков под нагрузкой (РПН) в обмотке высшего напряжения преобразовательных трансформаторов, дроссели насыщения, включенные последовательно с элементами выпрямительного моста и тиристорные вентили. Применение магнитных дросселей или появление угла управления тиристором приводит к снижению коэффициента мощности преобразовательного агрегата и появлению гармонических искажений в питающей сети [2]. Параметрический источник тока использует резонансные контуры, подключенные к первичным обмоткам трансформатора, которые настраиваются в резонанс на основной частоте. Конденсаторные батареи служат источниками реактивной мощности, а деградация их параметров со временем способствует усилению существующих гармоник.

Тиристорные ключи и некоторые виды нагрузок (дуга в печи постоянного тока) создают высокий уровень гармоник тока, что затрудняет использование фильтрокомпенсирующих устройств с конденсаторными батареями. Высшие гармоники ускоряют старение изоляции оборудования, мешают работе устройств сетевой защиты и автоматики, снижают эффективность передачи электроэнергии, внося дополнительную мощность искажения. Мощность искажения также как и некомпенсированная реактивная мощность в системе электроснабжения приводит к увеличению габаритной мощности и, как следствие, удорожанию трансформаторного оборудования.

Для решения проблем электромагнитной совместимости преобразовательных агрегатов с сетью и увеличения их коэффициента мощности предлагается использовать выпрямители на базе полностью управляемых силовых ключей, работающих по алгоритму активного выпрямителя. Снижение реактивной мощности позволяет уменьшить габаритную мощность преобразовательных трансформаторов и уменьшает дополнительные потери в других элементах электрической цепи. Параллельная работа большого числа выпрямительных элементов способствует повышению надёжности преобразователя и позволяет выполнять регулировку выходных параметров с требуемым быстродействием и точностью. В качестве полностью управляемых ключей используются силовые варианты IGBT [3] в модульном исполнении.

Для успешной совместной работы активных выпрямителей необходимо решить следующие научно-технические задачи:

- определить параметры преобразовательного трансформатора для согласования входных напряжений отдельных выпрямителей и равномерного распределения токовой нагрузки;

- согласовать алгоритмы работы управляющих драйверов для предотвращения перегрузки отдельных силовых ключей.

Чтобы избежать перегрузки отдельных силовых элементов при параллельной работе необходимо осуществить балансировку статических и динамических характеристик транзисторов: потерь напряжения в открытом состоянии, переходной характеристики (зависи-

мость тока в канале коллектор-эмиттер от напряжения затвор-эмиттер и температуры полупроводника), выходных характеристик драйвера, полного сопротивления соединительных элементов силового и управляющего контуров. Результатом неравномерной токовой загрузки могут являться критические тепловые режимы работы отдельных элементов. Чтобы избежать этого, общий ток снижается на некоторую величину, которая определяется исходя из коэффициента токового небаланса α и числа параллельных элементов [4].

Коэффициент α выражает допустимое отклонение потерь напряжения в открытом состоянии транзистора от расчетных значений из-за погрешностей при изготовлении и монтаже. Токовая балансировка параллельно соединенных транзисторов достигается путём уравнивания сопротивлений контактов, изменения топологии связей и условий охлаждения. Локальные перегревы ключей и возникновение петлевых токов предотвращаются за счет использования уравнивающих индуктивностей, причем может быть достаточно индуктивности самих соединительных шин.

Во избежание перегрузки элемента с меньшим напряжением насыщения суммарный ток группы из n элементов не должен превышать:

$$\sum I = I_{C(\max)} \left(1 + (n-1) \frac{1 - \frac{\alpha}{100}}{1 + \frac{\alpha}{100}} \right),$$

где $I_{C(\max)}$ – максимально допустимый ток одного ключа, А; $\sum I$ – суммарный ток всей группы, А; n – число элементов.

Соответственно суммарный ток соединения снижается на:

$$k_3 = \left(1 - \frac{\sum I}{n \cdot I_{C(\max)}} \right) \cdot 100\% .$$

В настоящее время преобразователи на основе IGBT-модулей выполняются из расчёта $k_3 = 10 \div 25\%$. Коэффициент мощности во время их работы поддерживается на уровне 0,98, кроме того частота генерируемых гармоник сопоставима с несущей частотой ШИМ-модулятора и составляет десятки кГц. Вследствие этого порядка гармонических составляющих растёт, а их амплитуда уменьшается, что снижает итоговый коэффициент искажения питающего напряжения. В случае нескольких соизмеримых по мощности потребителей постоянного тока можно использовать фазовый сдвиг между группами параллельных преобразователей, дополнительно повышая частоту коммутационных искажений и минимизируя коэффициент не синусоидальности напряжения [5].

Литература

1. Бобков В., Бобков А., Копырин В. Силовая преобразовательная техника для мощных электротехнологических установок постоянного тока // Силовая электроника. 2004. №1. – С. 66-69.
2. Гарнов В.К. Мощные полупроводниковые агрегаты в цветной металлургии / В.К. Гарнов, Л.М. Вишневецкий, И.С. Пак. – М.: Металлургия, 1970, – 224 с.
3. Бербенец А.А. Силовые IGBT-модули Infineon Technologies // Силовая электроника. 200. – №2. – С. 38-40.
4. Fuji IGBT modules application manual. Fuji Electric Co, Ltd., March 2015 <http://www.fujielectric.co.jp/products/semiconductor>.
5. Pandit P. Исследование качества электроэнергии на высоковольтном вводе канатно-скребкового экскаватора традиционной конструкции с прямым питанием от сети переменного тока / P. Pandit, J. Mazumdar, T. May, W.G. Koellner. // Сборник материалов ежегодного съезда Общества по промышленным применениям, 2009.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИНВАРИАНТНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-35 кВ

Пеленев Д.Н.

d.pelenev@mail.ru, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Основным звеном в структуре электрических сетей предприятий минерально-сырьевого комплекса являются сети среднего класса напряжения 6-35 кВ, от надежной эксплуатации которых зависит эффективность всего производства в целом. Главной причиной нарушения электроснабжения электроустановок в сетях 6-35 кВ являются однофазные замыкания на землю (ОЗЗ), сопровождающиеся значительными экономическими ущербами вследствие выхода из строя ответственного электрооборудования и характеризующиеся возникновением аварийных ситуаций, связанных с высокой опасностью поражения обслуживающего персонала электрическим током [1]. Для минимизации ущербов в сетях среднего напряжения, связанных с ОЗЗ необходимо использовать надежные и эффективные средства релейной защиты и автоматики, позволяющие селективно выявлять поврежденное присоединение и обладающие высокой чувствительностью действия. Однако многофакторность и непостоянство процессов при однофазных замыканиях на землю, многообразие видов ОЗЗ создают сложность создания универсальной защиты, которая способна надежно функционировать при любом аварийном режиме. В результате сравнительного анализа различных принципов организации защит от ОЗЗ установлено, что одной из основных причин низкой чувствительности и селективности действия защит является переходное сопротивление в месте замыкания фазы электрической сети на землю, которое искажает рабочие сигналы защиты и является причиной ее неработоспособности в условиях эксплуатации. Сложность задачи организации селективной защиты от ОЗЗ в условия неполноты замыкания на землю связана с тем, что величина переходного сопротивления носит стохастический характер и может изменяться в широком диапазоне (от нескольких Ом до десятков кОм) [2]. Поэтому возникает необходимость в разработке защиты от однофазных замыканий на землю, обладающей высокой селективностью и независимым действием (инвариантностью) по отношению к величине переходного сопротивления в месте ОЗЗ.

В результате выполненных исследований получены аналитические зависимости тока замыкания на землю и напряжения нулевой последовательности сети с резистивно-заземленной нейтралью от параметров контура нулевой последовательности, включая поперечные проводимости фаз линий на землю, переходное сопротивление в месте повреждения и параметров системы заземления нейтрали, являющиеся основными рабочими сигналами защиты от ОЗЗ:

$$I_3 = \frac{U_\phi 3\omega C_\Sigma \sqrt{d^2 + \lambda^2 d_N^2 + 1}}{\sqrt{(dR_n 3\omega C_\Sigma + \lambda d_N R_n 3\omega C_\Sigma + 1)^2 + (R_n 3\omega C_\Sigma)^2}},$$
$$U_0 = \frac{U_\phi}{\sqrt{(dR_n 3\omega C_\Sigma + \lambda d_N R_n 3\omega C_\Sigma + 1)^2 + (R_n 3\omega C_\Sigma)^2}},$$

где U_ϕ – фазное напряжение сети;

C_Σ – суммарная емкость фаз линий относительно земли всей электрически связанной сети;

ω – круговая частота;

R_n – переходное сопротивление в месте ОЗЗ;

λ – безразмерная величина, учитывающая проводимость трансформатора заземления нейтрали;

d – коэффициент демпфирования сети;

d_N – относительная проводимость элемента заземления нейтрали.

Степень снижения величины тока однофазного замыкания и напряжения нулевой последовательности сети при замыкании на землю через переходное сопротивление определяется коэффициентом неполноты замыкания, значение которого находится в пределах от 0 до 1 и зависит от параметров контура нулевой последовательности, включая поперечные проводимости фаз линий на землю, переходное сопротивление в месте повреждения и параметров системы заземления нейтрали. Установлено, что снижение чувствительности действия защиты при неполных ОЗЗ происходит пропорционально коэффициенту неполноты замыкания на землю.

На основе выполненных исследований были разработаны алгоритмы коррекции входных параметров защиты, включая сигналы тока нулевой последовательности защищаемых линий и уставки на срабатывание, позволяющие осуществлять оценку уровня неполноты замыкания на землю и последующую автоматическую коррекцию рабочих сигналов защиты до величин, при которых обеспечивается инвариантное действие защиты [3]. С использованием программного пакета Matlab Simulink путем имитационного моделирования установлено, что алгоритмы коррекции позволяют обеспечить инвариантное действие защиты в условиях вариации параметров контура нулевой последовательности. Показано, что коррекция входных сигналов защиты, включая сигналы токов нулевой последовательности неповрежденных линий и установок на срабатывание, обеспечивает выполнение условий селективности действия защиты и генерацию сигнала на отключение только поврежденной линии.

Разработан аппаратно-программный комплекс инвариантной защиты от однофазных замыканий на землю, включающий в своей структуре взаимосвязанные функциональные модули вычисления коэффициента неполноты замыкания на землю и автоматической коррекции входных параметров позволяющие формировать уровень рабочего сигнала защиты, соответствующий расчетному режиму металлического замыкания на землю, при котором обеспечивается селективная идентификация поврежденного присоединения. На основе экспериментальных исследований установлено, что разработанный алгоритм коррекции, реализованный в аппаратно-программном комплексе защиты, позволяет обеспечить инвариантное действие защиты в условиях вариации переходного сопротивления в месте однофазного замыкания на землю [4, 5].

Применение аппаратно-программного комплекса инвариантной защиты от однофазных замыканий на землю позволит повысить надежность и безопасность электроснабжения электроустановок электрических сетей 6-35 кВ предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Литература

1. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – СПб. : ПЭИПК, 2003. 350 с.
2. Костров М.Ф. Основы техники релейной защиты / М. Ф. Костров, И. И. Соловьев, А. М. Федосеев ; Под общ. ред. А. М. Федосеева. – Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1944. – 436 с.
3. Пат. 168498 (РФ). Устройство защиты электрических сетей среднего класса напряжения от однофазных замыканий на землю/ Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Пеленев Д.Н.; опубл. 07.02.2017, Бюл. №6.
4. Пеленев Д.Н. Инвариантная защита от однофазных замыканий на землю для электрических сетей 6-35 кВ // Горное оборудование и электромеханика. Изд.: Новые технологии – №9. – 2014. – С. 16-20.
5. Пеленев Д.Н. Система автоматической коррекции селективности действия защиты от однофазных замыканий на землю предприятий минерально-сырьевого комплекса. / Б.Н. Абрамович, Ю.А. Сычев, Д.Н. Пеленев // Горное оборудование и электромеханика. М.: Изд. Новые технологии – №1. – 2017. – С. 16-20.

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВЫСОКОАМПЕРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ

Лях Д.А.

lyakh_danila@mail.ru, Санкт-Петербургский горный университет,
Санкт-Петербург, Россия

В алюминиевой промышленности складывается тенденция повышения производительности электролизеров путем увеличения плотности тока в процессе электролиза. Увеличение плотности тока в электролизных установках приведет к увеличению мощности помех в системе электроснабжения, ухудшению электромагнитной обстановки и показателей качества электроэнергии. Таким образом, усовершенствование системы электроснабжения объектов алюминиевой промышленности с учетом минимизации влияния на них электролизерных установок является актуальным.

Целью работы является снижение энергетической составляющей себестоимости производства алюминия путем обоснования структуры и алгоритмов управления системой электроснабжения электротехнических комплексов высокоамперных электролизеров. Значительный круг вопросов, связанные со стабилизацией теплового и материального баланса высокоамперных электролизеров в условиях повышения силы тока на 10-15% нуждается в исследованиях.

Научная новизна работы:

1) Выявить структуру и алгоритм управления электроснабжением электротехнических комплексов высокоамперных электролизеров позволяющие обеспечить качество электрической энергии и электромагнитной совместимости в соответствии с ГОСТ№ 32144-2013.

2) Определение степени влияния показателей качества электроэнергии на выбор оборудования системы электроснабжения электролизерных установок. Значительный круг вопросов, связанные со стабилизацией теплового и материального баланса высокоамперных электролизеров в условиях повышения силы тока на 10-15% нуждается в исследованиях.

Являющийся способ компенсации помех с помощью дополнительного элемента, где определить мощность бывает затруднительно. Недостатком данного технического решения (прототипа) является сложность реализации на действующих алюминиевых заводах, поскольку необходима замена всех силовых агрегатов. Благодаря алгоритму управления IGBT ключей, возможно уменьшение анодного эффекта и пульсации.

Литература

1. Бажин В.Ю. Управление анодным эффектом на алюминиевом электролизере / В.Ю. Бажин, А.А. Власов, А.В. Лупенков // *Металлург.* – 2011. – No5. – С. 1-39.
2. Крюковский В.А. Разработка научных основ проектирования электролизеров большой мощности [Текст]: автореф. дисс. док. тех. наук.: С. 1-42.
3. Сальников В.Г. Шевченко В.В. Эффективные системы электроснабжения /изд. «Металлургия», 1986. – С. 1-311.
4. Сизяков, В.М. Современное состояние и проблемы развития алюминиевой промышленности России // *Записки Горного института.* – 2005. – Т. 165. – С. 1-170.
5. Сизяков В.М. Состояние и перспективы развития производства алюминия / В.М. Сизяков, В.Ю. Бажин, А.А. Власов // *Металлург.* – 2010. – No 8.

S-X

**СЕКЦИЯ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНОГО ДЕЛА,
ГИДРАВЛИКИ И ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЭМУЛЬСИОННОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЗАРЯЖАНИЯ ВЕЕРОВ ВОСХОДЯЩИХ СКВАЖИН ПРИ КАМЕРНОЙ ОТБОЙКЕ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОБЪЕКТАХ ВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ АК «АЛРОСА» (ПАО)

¹Брагин П.А., ²Волков А.В., ³Иляхин С.В., ¹Маслов И.Ю., ⁴Павленко С.В.

¹pavelbragin83@mail.ru, ООО «Глобал Майнинг Эксплозив – Раша» (Москва, Россия),

²volkov_a_v78@mail.ru, ПАО «НИПИГОРМАШ»

³isv11@mail.ru, МГРИ-РГГРУ (Москва, Россия).

⁴pavlenkosv@alrosa.ru, АК «АЛРОСА» (ПАО) (г. Удачный, респ. Саха, Россия)

При отработке кимберлитовых руд комбинированным способом [1] АК «АЛРОСА» (ПАО) применяет этажно-камерную систему разработки с отбойкой руды скважинным зарядом в камерах и последующим взрыванием междукамерных целиков.

Специфика подземных рудников АК «АЛРОСА» (ПАО) – условия опасные по газу, обусловленные нефтепроявлениями в слагающих породах. В ходе строительства рудников и в период опытно-промышленной эксплуатации, имели место случаи воспламенения рудничной атмосферы и разрушение облицовки башен клетевых подъемников.

Для выхода на проектную мощность добычи 4 млн. т в год кимберлитовых руд в условиях рудника им. Ф.Б. Андреева Удачинского ГОКа АК «АЛРОСА» (ПАО), впервые в России разработан и испытан новый тип предохранительного эмульсионного взрывчатого вещества (ЭВВ) III класса [2] «НПГМ-ПР» – для механизированного изготовления в процессе заряжания шпуров и скважин.

Разработаны две марки ЭВВ «НПГМ-ПР»: типы «Н» и «К» выпускаются с добавкой натриевой и кальциевой селитры, соответственно. Марка «Н» предназначена для заряжания восстающих скважин диаметром более 75 мм, марка «К» – для заряжания шпуров диаметром более 32 мм. Способ сенсibilизации ЭВВ – химический, основанный на известной ионообменной реакции нитрита натрия и лимонной кислоты, сопровождающейся выделением окислов азота в заряде ЭВВ. В качестве антигризутной добавки применен кристаллический хлористый аммоний, вводимый в состав ЭВВ в количестве до 15%.

Изготовление ЭВВ «НПГМ-ПР» в процессе заряжания скважин осуществляют в смесительно-зарядных машинах (СЗМ) «МСЗП-4» для заряжания эмульсионным ВВ вееров восстающих скважин. Указанные СЗМ и Доставщик разработаны и изготовлены на АО «НИПИГОРМАШ» (г. Екатеринбург), смонтированы на самоходные шасси PAUSUni 50-3S во взрывобезопасном исполнении Ex-I.

Вновь разработаны и применяются устройства удержания заряда ЭВВ в восстающих скважинах [3].

Разработана методика расчета плотности ЭВВ, сенсibilизированного включением газовых пор, по колонке восстающего заряда ЭВВ [4].

Обоснован состав и геометрия промежуточных детонаторов, обеспечивающие максимальные детонационные характеристики в зоне инициирования [5].

Обосновано размещение промежуточных детонаторов по длине колонки заряда, обеспечивающее стабильность детонационного процесса по всей длине колонки заряда, а также улучшающее проработку потолочин [5].

Разработана и успешно опробована в производственных условиях экспресс-методика оценки полноты тепловыделения при взрыве промышленных взрывчатых веществ (ВВ) – что позволяет осуществлять оперативный инструментальный контроль качества изготавливаемого ЭВВ, осуществлять инженерные расчеты параметров взрывания с известными детонационными свойствами используемого ЭВВ [6].

Производство эмульсионной основы осуществляется в мобильной модульной установке «ММТЛ-500-ПР-2», установленной по проекту технического перевооружения на территории, примыкающей к территории базисного склада ВМ Удачинского ГОКа. Эмульсионная основа и раствор газогенерирующей добавки транспортируются в бункерах-кассетах в подземные выработки рудника, откуда доставщиками «ДНКП-4» доставляются в места перегрузки в СЗМ «МСЗП-4». За один технологический цикл «перегрузка компонентов – зарядание скважин», СЗМ способна изготовить и зарядить 4 тонны ЭВВ. Наружный диаметр зарядного рукава СЗМ составляет 33 мм при общей длине 60 м, что позволяет заряжать восстающие скважины глубиной 45 м. При этом, эмульсионная основа до смешения с раствором ГГД – невзрывчатая, классифицируется подклассом 5.1 по «ДОПОГ» (окислитель) и номером по списку ООН-3375 (эмульсия или гель – компонент для изготовления бризантных ВВ). Это дополнительно повышает безопасность технологических операций по перевозке, хранению и перекачиванию компонентов ЭВВ.

В перспективе, на Удачинском ГОКе АК «АЛРОСА» (ПАО) планируется дооснащение модульной установки «ММТЛ» Модулем изготовления капсуле-чувствительных (подкласс 1.1 [2]) патронов ЭВВ и полный отказ от ассортимента ВВ заводского изготовления. Это позволит значительно сократить объемы перевозок и хранения ВВ, что, в свою очередь, повысит уровень промышленной безопасности, снизив риск возникновения аварий на опасном производственном объекте.

Литература

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Калмыков В.Н. и др. Комбинированная геотехнология при освоении алмазоносного месторождения трубки «Удачная» // Горная промышленность. – 2005. – № 4. – С. 22-26.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах». Серия 13 Выпуск 14. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 332 с.
3. Пат. 154388, Российская Федерация, МПК F42D1/10. Рукав для патрона взрывчатого вещества. / Маслов И.Ю., Брагин П.А., Сироткин Е.Г. Патентообладатель Индивидуальный предприниматель Маслов Илья Юрьевич.
4. П.А. Брагин, С.А. Горинов, И.Ю. Маслов, С.В. Иляхин, М.Н. Оверченко. О распределении плотности в зарядах эмульсионного взрывчатого вещества, сенсibilизированного газовыми порами. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельные статьи (специальный выпуск 20). – 2015. – №5. – 40 с. – М. : издательство «Горная книга».
5. Горинов С.А., Маслов И.Ю., Брагин П.А. Иницирование эмульсионных взрывчатых веществ, сенсibilизированных газовыми порами, линейным эмульсионным промежуточным детонатором // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельная статья (специальный выпуск №16). – 2016. – № 5 – 24 с. – М. : издательство «Горная книга».
6. Брагин П.А., Горинов С.А., Маслов И.Ю. Оперативные методы оценки полноты тепловыделения при взрыве промышленных ВВ местного производства. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельные статьи (специальный выпуск 35). – 2015. – №9. – 32 с. – М. : издательство «Горная книга».

ЭКОНОМИКА ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ШАХТАХ С РАЗДЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ КОМПОНЕНТОВ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ

Брюховецкий О.С., Байрамгулова Л.А.

bos.rgggu@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Закладка – чрезвычайно важный компонент подземной разработки, так как шахты становятся более глубокими, возрастает потребность в улучшенном управлении горным давлением, сохранении целостности земной поверхности, максимальном использовании ресурсов, увеличении безопасности и эффективности разработки.

Системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями находят широкое применение при подземной разработке месторождений. Однако большее их внедрение сдерживается высокими затратами на проведение закладочных работ, которые достигают 30-40% себестоимости добычи, причем до 80% затрат приходится на материалы, в том числе до 55% – на цемент.

Закладочные работы являются трудоемким и дорогостоящим процессом подземной добычи руды, включающим в себя: складирование компонентов смеси на поверхности, приготовление закладочной смеси, транспорт закладочной смеси до места укладки, подготовку выработанного пространства для закладки, возведение закладочного массива, контроль технологических процессов качества закладочного массива [1, 2].

Основной целью экономической оценки является установление влияния дополнительных капитальных затрат и эксплуатационных расходов, связанных с созданием и эксплуатацией транспортно-закладочных комплексов на технологические показатели работы подземного рудника.

Эксплуатационные затраты включают в себя расходы на материалы, электрическую энергию для реализации технологии гидротранспортирования, затраты на оплату труда обслуживающего персонала, отчисления на социальные нужды, энергетические затраты, стоимость теплоэнергии, сжатого воздуха, амортизационные отчисления, текущий ремонт и содержание основных средств.

При определении капитальных затрат учитываются расходы на проведение горнокапитальных выработок, связанных с эксплуатацией гидротранспорта инертного компонента, затраты на комплекс основного и вспомогательного оборудования, электрооборудования, аппаратуры автоматизации, затраты на работу по монтажу и стоимость трубопроводов.

Как показывает опыт, одним из перспективных путей снижения себестоимости закладочных работ является применение закладки, где в качестве инертного заполнителя используется порода (текущие хвосты, отходы добычи) от проходки горных выработок или очистной выемки.

Одним из основных вариантов технологических схем приготовления и транспортирования твердеющей закладки является технология закладочных работ с раздельной подачей компонентов твердеющей закладочной смеси, которая предполагает подачу вяжущего раствора и кускового заполнителя к месту закладочных работ раздельно [3, 5].

Для реализации рационального технологического решения по утилизации отходов с применением передвижных установок необходимо определить рациональную структуру закладочного комплекса.

Структура подземного закладочного комплекса должна обладать гибкостью и способностью к трансформации. Подземный закладочный комплекс характеризуется меньшими габаритами и позволяет отказаться от подъема пустой породы, шлама (твердые отходы шахты) на поверхность, отпадает необходимость строительства крупногабаритного поверхностного сооружения, бурения и оснастки закладочных скважин большой протяженности.

Сооружение закладочного комплекса в подземном пространстве обуславливает ряд других экономических и технологических выгод: – меньшая длина закладочных скважин, и как следствие, малые сроки ввода закладочного комплекса в эксплуатацию; – упрощение структуры закладочного комплекса, ввиду применения в качестве инертных материалов пород от проходки горных выработок; – сокращение нагрузки на стволы в части выдачи породы, а следовательно, снижение капитальных затрат на их строительство [3, 4, 5].

Экономический эффект достигается за счет снижения себестоимости 1м^3 закладки, приготовленной по разработанной технологии, обусловленной использованием шахтных пород в качестве инертного заполнителя твердеющей закладочной смеси, гидротранспортной технологии доставки компонентов, снижения энергетических затрат.

Не смотря на дополнительные затраты на транспорт пустой породы до закладываемой камеры при закладке, происходит снижение расходов за счет уменьшения затрат на приготовление твердеющей закладочной смеси, а также на транспортирование пустой породы на поверхность.

Экономический эффект увеличивается так же за счет дополнительной прибыли в результате исключения затрат на подъем и складирование на поверхности пустой породы.

Из за снижения стоимости закладочных работ становится рентабельной отработка бедных и средней ценности руд высокопроизводительными системами разработки с закладкой.

Использование отходов производства в качестве компонента твердеющей закладочной смеси позволит снизить экологическую нагрузку в районе ведения работ, повышение энергоэффективности отработки запасов руд действующих рудников в экологически сбалансированном цикле освоения месторождений полезных ископаемых.

Экономия ресурсов обуславливается использованием отходов горно-обогатительного производства, пустой породы горнопроходческих выработок в качестве компонента закладочной смеси при закладке выработанного пространства, заполнителя выработанного карьерного пространства при проведении рекультивационных работ. Экономия также будет обеспечиваться отсутствием платежей за негативное воздействие на окружающую природную среду, которая рассчитывается по составляющим: воздух, вода, земная поверхность, недра и источникам возникновения загрязнения: передвижные и стационарные установки, организованные и неорганизованные стоки, складирование и размещение отходов.

Литература

1. Вертячих К.С., Хакурате А.М. Аспекты применения закладки в зарубежной и отечественной практике подземной разработки руд. Неделя горняка, семинар 7, 2002.
2. Байрамгулова Л.А. Актуальность применения систем с закладкой выработанного пространства при ведении горных работ. Материалы VIII Международной межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые науки о Земле», М., 2016.
3. Брюховецкий О.С., Люльчак И.М., Гавриков Ф.Л. и др. О некоторых возможных путях удешевления закладочных работ на шахте № 13-13 бис СУБРа. Гипроникель, сб.научн.тр.: Новое горное оборудование для карьеров и подземных рудников цвет. металлургии, 1981.
4. Брюховецкий О.С., Коробейников В.Ф., Старков М.В. и др. Разработка, исследование и внедрение гидротранспортной технологии на шахте СУБРа. М., МГРИ, 1983.
5. Медведев В.В., Пакулов В.В. Совершенствование технологии закладочных работ при камерных системах разработки с закладкой. Вестник ЗабГУ №10 (2013).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН

Ганин И.П.

ipg59@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Применение нечеткой логики открывает новые возможности в создании автоматических систем управления технологическим процессом бурения.

Функционирование любых систем управления, в том числе систем на основе нечеткого управления, основано на определении входных параметров, которые измеряются или вычисляются. В практике бурения основным параметром является скорость бурения. Мгновенная механическая скорость бурения $V_{мех}$ регистрируется непосредственно, а средние (за рейс, за сутки, коммерческая) скорости вычисляются [1].

Определение скорости бурения производится с целью оптимизации процесса бурения. Критерием оптимизации являются время и величина эксплуатационных затрат на 1 м проходки [2]. Разработано достаточное количество моделей управления технологическим процессом бурения на основе данного критерия. Однако их реализация непосредственно на буровой затруднена тем, что механическая скорость бурения является результатом действия как минимум трех факторов: осевой нагрузки на забой со стороны породоразрушающего инструмента – $C_{ос}$, частоты его вращения – $n_{об}$ и расхода промывочной жидкости – Q . Эти параметры относятся к категории управляющих воздействий, но управление ими трудно формализуемо методами классической математики.

Свойства пород не относятся к числу плавно и непрерывно меняющихся. Описывающие их свойства функции не являются гладкими. В лучшем случае они относятся к классу кусочно-непрерывных функций. Сопротивление пород разрушению может часто и резко меняться, возможны внезапные проявления других факторов. Поэтому в производственной практике углубка скважин обычно осуществляется опытными бурильщиками, хорошо знающими конкретный горно-геологический разрез, обладающих способностями быстро, а главное адекватно реагировать на изменение условий бурения. Но все это не исключает возможности применения автоматических регуляторов на интервалах бурения с более или менее плавно меняющимися свойствами горных пород [3]. Важно только своевременно просигнализировать бурильщику о необходимости перехода на ручной режим управления бурением. Ручное управление процессом бурения часто основано на применении совсем неоднозначных понятий «немного добавить (убавить) осевой нагрузки», «увеличить (уменьшить) частоту вращения», «изменить расход промывочной жидкости». Формализация подобных поведенческих инструкций может быть осуществлена методами теории нечетких множеств и построения нечетких алгоритмов.

Нечеткая логика - раздел современной математики, позволяющий формализовать и перевести на язык математики интуитивные знания и умения специалистов-практиков, знания и умения которых приобретены в результате большого опыта работы. К концу XX-го века нечеткая логика превратилась в популярный прикладной метод, который используется везде, где трудно формально описать производственные процессы. Основной идеей теории нечетких множеств и нечеткой логики является описание явлений и понятий, которые имеют многозначный и неточный характер. Классическая теория множеств и булева логика не позволяют эффективно решать подобные задачи. В настоящее время на основе нечеткой логики создаются системы автоматизированного управления различными устройствами - системы регулирования режимами работы агрегатов, системы диагностики, экспертные системы для поддержки принятия решений и др. Возможности у нечетких систем достаточно широкие – от простых устройств бытового назначения до серьезных систем обеспечения производства. Регуляторы, функционирующие на основе нечеткой логики, позволяют не только автоматически регулировать параметры объекта (плавно изменять их в некоторой

окрестности от заданного значения), но и установить взаимосвязь между параметрами и даже изменять область регулирования в зависимости от ситуации.

Несмотря на то, что применение теории нечетких множеств не предполагает знания точных математических моделей самих процессов, при применении нечеткой логики необходимо решать проблемы нечеткого вывода, связанные с принятием решений на основе нечетких условий. Типовая структура модуля нечеткого управления состоит из следующих четырех компонентов: базы правил, блока фузификации, блока выработки решений, блока дефузификации. База правил (лингвистическая модель) – основной элемент нечеткой системы. На основе множества нечетких правил вычисляются управляющие воздействия. Каждое правило продукции состоит из части *IF(ЕСЛИ)* называемой посылкой, и части *THEN(ТОГДА)* называемой следствием. «Посылка правила» содержит набор условий, а «следствие правила», соответственно, содержит вывод, что очень близко к естественному человеческому общению и программированию. В общем виде, и в части *IF*, и в части *THEN* присутствует нечеткость. При проектировании нечеткого управления оценивают достаточность количества нечетких правил, их непротиворечивость и наличие корреляции между отдельными правилами. Это наиболее сложный и трудоемкий этап, требующий одновременно специальной математической подготовки и профессиональных знаний об объекте регулирования. Системы управлений с нечеткой логикой оперируют нечеткими множествами, поэтому конкретные величины измеряемых параметров должны быть переведены в нечеткие множества, что обеспечивает операция фузификации. Сформированные нечеткие множества подаются на вход блока выработки решений. На выходе из этого блока, в результате соответствующих преобразований по сформированным обобщенным правилам, формируется несколько нечетких множеств с соответствующими функциями принадлежности (либо одно нечеткое множество со своей функцией принадлежности). Далее решается задача отображения с помощью базы правил нечетких множеств (либо одного нечеткого множества) в единственное значение управляющего воздействия подаваемого на вход объекта, например дроссель бурового станка или тормоз лебедки. Такое решение называется дефузификацией и реализуется в одноименном блоке. Существуют различные методы дефузификации: по среднему центру, по сумме центров, центру тяжести, максимуму функции принадлежности. Известны варианты реализации модулей нечеткого управления, например метод нечеткого управления Такаги-Сугено-Канга, достаточно распространенный среди систем адаптивного типа. В отличие от модулей управления, в которых используется база правил с обеими нечеткими частями *IF* и *THEN* алгоритм Такаги-Сугено предусматривает нечеткость правил только в части *IF*, а в части *THEN* требуется присутствие функциональной зависимости - в модели вывода Такаги-Сугено функция заключения определяется функциональной зависимостью. Благодаря этому, дефузификатор на выходе системы не требуется, а модель вывода существенно упрощается. Применительно к бурению, при невозможности определения точных характеристик буримых пород, для обеспечения приемлемых показателей по механической скорости бурения, оператор-бурильщик имеет возможность перенастроек регулирующей подачу системы исходя из личного опыта.

Литература

1. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – 2-е изд., стер.- М. : Наука. Гл.ред. физ.-мат. лит., 1988. - 208 с. - (Пробл. науки и техн. прогресса).
2. Калинин А.Г., Левицкий А.З., Мессер А.Г., Соловьев Н.В. «Практическое руководство по технологии бурения скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые», 2001 г.
3. Козловский Е.А. «Кибернетика в бурении» / Е.А. Козловский, В.М. Питерский, М.А. Комаров. – М. :Недра, 1982. – 300 с.
4. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.: ил. – Парал. тит. англ.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ

Ганин И.П.

ipg59@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Применение нечеткой логики открывает новые возможности в создании автоматических систем управления технологическим процессом бурения.

Функционирование любых систем управления, в том числе систем на основе нечеткого управления, основано на определении входных параметров, которые измеряются или вычисляются. В практике бурения основным параметром является скорость бурения. Мгновенная механическая скорость бурения $V_{мех}$ регистрируется непосредственно, а средние (за рейс, за сутки, коммерческая) скорости вычисляются [1].

Определение скорости бурения производится с целью оптимизации процесса бурения. Критерием оптимизации являются время и величина эксплуатационных затрат на 1 м проходки [2]. Разработано достаточное количество моделей управления технологическим процессом бурения на основе данного критерия. Однако их реализация непосредственно на буровой затруднена тем, что механическая скорость бурения является результатом действия как минимум трех факторов: осевой нагрузки на забой со стороны породоразрушающего инструмента – $C_{ос}$, частоты его вращения – $n_{об}$ и расхода промывочной жидкости – Q . Эти параметры относятся к категории управляющих воздействий, но управление ими трудно формализуемо методами классической математики.

Свойства пород не относятся к числу плавно и непрерывно меняющихся. Описывающие их свойства функции не являются гладкими. В лучшем случае они относятся к классу кусочно-непрерывных функций. Сопротивление пород разрушению может часто и резко меняться, возможны внезапные проявления других факторов. Поэтому в производственной практике углубка скважин обычно осуществляется опытными бурильщиками, хорошо знающими конкретный горно-геологический разрез, обладающих способностями быстро, а главное адекватно реагировать на изменение условий бурения. Но все это не исключает возможности применения автоматических регуляторов на интервалах бурения с более или менее плавно меняющимися свойствами горных пород [3]. Важно только своевременно просигнализировать бурильщику о необходимости перехода на ручной режим управления бурением. Ручное управление процессом бурения часто основано на применении совсем неоднозначных понятий «немного добавить (убавить) осевой нагрузки», «увеличить (уменьшить) частоту вращения», «изменить расход промывочной жидкости». Формализация подобных поведенческих инструкций может быть осуществлена методами теории нечетких множеств и построения нечетких алгоритмов.

Нечеткая логика - раздел современной математики, позволяющий формализовать и перевести на язык математики интуитивные знания и умения специалистов-практиков, знания и умения которых приобретены в результате большого опыта работы. К концу XX-го века нечеткая логика превратилась в популярный прикладной метод, который используется везде, где трудно формально описать производственные процессы. Основной идеей теории нечетких множеств и нечеткой логики является описание явлений и понятий, которые имеют многозначный и неточный характер. Классическая теория множеств и булева логика не позволяют эффективно решать подобные задачи. В настоящее время на основе нечеткой логики создаются системы автоматизированного управления различными устройствами – системы регулирования режимами работы агрегатов, системы диагностики, экспертные системы для поддержки принятия решений и др. Возможности у нечетких систем достаточно широкие – от простых устройств бытового назначения до серьезных систем обеспечения производства. Регуляторы, функционирующие на основе нечеткой логики, позволяют не только автоматически регулировать параметры объекта (плавно изменять их в некоторой окрестности от заданного значения), но и установить взаимосвязь между параметрами и даже изменять область регулирования в зависимости от ситуации.

Несмотря на то, что применение теории нечетких множеств не предполагает знания точных математических моделей самих процессов, при применении нечеткой логики необходимо решать проблемы нечеткого вывода, связанные с принятием решений на основе нечетких условий. Типовая структура модуля нечеткого управления состоит из следующих четырех компонентов: базы правил, блока фузификации, блока выработки решений, блока дефузификации. База правил (лингвистическая модель) – основной элемент нечеткой системы. На основе множества нечетких правил вычисляются управляющие воздействия. Каждое правило продукции состоит из части *IF(ЕСЛИ)* называемой посылкой, и части *THEN(ТОГДА)* называемой следствием. «Посылка правила» содержит набор условий, а «следствие правила», соответственно, содержит вывод, что очень близко к естественному человеческому общению и программированию. В общем виде, и в части *IF*, и в части *THEN* присутствует нечеткость. При проектировании нечеткого управления оценивают достаточность количества нечетких правил, их непротиворечивость и наличие корреляции между отдельными правилами. Это наиболее сложный и трудоемкий этап, требующий одновременно специальной математической подготовки и профессиональных знаний об объекте регулирования. Системы управлений с нечеткой логикой оперируют нечеткими множествами, поэтому конкретные величины измеряемых параметров должны быть переведены в нечеткие множества, что обеспечивает операция фузификации. Сформированные нечеткие множества подаются на вход блока выработки решений. На выходе из этого блока, в результате соответствующих преобразований по сформированным обобщенным правилам, формируется несколько нечетких множеств с соответствующими функциями принадлежности (либо одно нечеткое множество со своей функцией принадлежности). Далее решается задача отображения с помощью базы правил нечетких множеств (либо одного нечеткого множества) в единственное значение управляющего воздействия подаваемого на вход объекта, например дроссель бурового станка или тормоз лебедки. Такое решение называется дефузификацией и реализуется в одноименном блоке. Существуют различные методы дефузификации: по среднему центру, по сумме центров, центру тяжести, максимуму функции принадлежности. Известны варианты реализации модулей нечеткого управления, например метод нечеткого управления Такаги-Сугено-Канга, достаточно распространенный среди систем адаптивного типа. В отличие от модулей управления, в которых используется база правил с обеими нечеткими частями *IF* и *THEN* алгоритм Такаги-Сугено предусматривает нечеткость правил только в части *IF*, а в части *THEN* требуется присутствие функциональной зависимости – в модели вывода Такаги-Сугено функция заключения определяется функциональной зависимостью. Благодаря этому, дефузификатор на выходе системы не требуется, а модель вывода существенно упрощается. Применительно к бурению, при невозможности определения точных характеристик буримых пород, для обеспечения приемлемых показателей по механической скорости бурения, оператор-бурильщик имеет возможность перенастроек регулирующей подачу системы исходя из личного опыта.

Литература

1. Калинин А.Г. «Практическое руководство по технологии бурения скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые» / А.Г.Калинин, А.З. Левицкий, А.Г. Мессер, Н.В. Соловьев, – М. : 2001 г.
2. Козловский Е.А. «Кибернетика в бурении» / Е. А. Козловский, В. М. Питерский, М. А. Комаров. – М. :Недра, 1982. – 300 с.
3. Ганин И.П. Выбор рационального режима подачи бурового снаряда на забой с целью увеличения проходки на коронку. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. – М.: 1989.
4. Заде Л.Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М. : Мир, 1976. – 166 с.
5. Тэрано, Т., Асаи, К., Сугэно, М. Прикладные нечеткие системы. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОТБОЙКИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ СКВАЖИНАМИ С НРС

¹Емельянов Р.В., ²Иляхин С.В.

¹roma885roma@mail.ru, ООО «СМУ-5 МОСМЕТРОСТРОЯ», Москва, Россия
²Isv11@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (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).

НРС рекомендуется применять там, где невозможно применить ВВ. Основной областью применения НРС является рыхление фундаментов, разделка негабаритных блоков, разрушение зданий и сооружений. НРС также может быть использован при ликвидации отдельных монолитных бетонных и железобетонных конструкций в процессе наземного и подземного строительства.

Проводимые исследования посвящены определению возможности использования шпуров диаметром более 56 мм для отбойки, что даст возможность получать блоки с большими габаритными размерами и одновременно позволит сохранить качество извлекаемого сырья, тем самым повысить его ценность, а за счет использования скважин с НРС – снизить общие затраты на отбойку блоков природного камня.

При успешном внедрении предлагаемой технологии на производстве можно снизить удельный расход НРС, обеспечить регулирование напряжений по периметру зарядной камеры, повысить выход крупноразмерных кондиционных блоков, повысить степень дробления разрушаемых пород (там где это необходимо) и снизить затраты на отбойку.

Цель работы – изучение возможности использования скважин диаметром более 56 мм для отбойки горной породы с НРС, а также изучения влияния формы вставки в скважине с НРС на изменение напряжений по периметру скважины.

Результаты экспериментов, показали, что существует зависимость развиваемого НРС давления от соотношения площади поперечного сечения вставки к площади поперечного сечения зарядной камеры, а также от формы вставок в зарядной камере.

Цель исследований заключалась в нахождении оптимального соотношения площади поперечного сечения вставки к площади поперечного сечения зарядной камеры, чтобы все последующие серии проводить при наиболее выгодном соотношении с точки зрения работы НРС.

Для проведения лабораторных экспериментов по влиянию на развиваемое НРС давление были изготовлены металлические жесткие вставки круглого сечения диаметрами 8, 12, 16, 18 и 20 мм длиной 100 мм. При площади поперечного сечения зарядной камеры установки для проведения экспериментов равной 1256 мм², соответственно равно 4, 8, 16, 20 и 25%. Вставки располагали строго по оси зарядной камеры установки.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что при соотношении площади поперечного сечения вставки к площади поперечного сечения зарядной камеры от 1 до 18% происходит увеличение развиваемого смесью давления на 10-15%.

Проведенные эксперименты четко обозначили область рационального соотношения между площадью поперечного сечения вставки и площадью поперечного сечения зарядной камеры, и последующие эксперименты проводились со вставками не более 25%.

Влияние формы вставок на изменение перераспределения напряжений по периметру зарядной камеры.

Во второй серии опытов изучалось влияние формы вставок на развиваемое смесью давление во времени. Для этой цели были изготовлены жесткие вставки длиной 100 мм с треугольной (равносторонний треугольник со стороной 21 мм), прямоугольной (6×34 мм), квадратной (14×14 мм) и круглой (диаметр 16 мм) формами поперечного сечения с одинаковым соотношением равным 16.

Кривые на графике располагаются параллельно и близко друг к другу. Из анализа полученных графиков следует, что большее давление развивается при использовании жестких вставок треугольной, а меньшее – круглой формы, но разница в давлениях не велика.

Поэтому, логично сделать вывод о том, что форма вставки при = 15-20% сильно не влияет на развиваемое НРС давление, но может влиять на перераспределение напряжений по периметру и длине зарядной камеры. А значит, изменяя форму вставки за счет регулирования радиальных напряжений по периметру зарядной камеры, можно менять направление развития трещин и степень дробления горных пород.

Изучение возможности использования скважин для отбойки горной породы с использованием НРС. Работы проводились на моделях из бетона цилиндрической формы диаметром 0,3 м и высотой 1,2 м, в которых формировалась модель скважины диаметром 60, 80 и 90 мм. После выдерживания модели в течение 28 суток, модель скважины заполнялась НРС со вставкой круглой формы, площадь которой составляла 20 % от площади скважины. Установлено, что все модели были разрушены (по аналогии со шпуровой отбойкой) скважинами с НРС. Ни в одной из моделей не наблюдался выброс НРС. Т.е. доказана возможность использования скважин для отбойки при их заполнении НРС.

Выводы:

Максимальное давление в шпурах возникает при =15-20%, а с увеличением данного соотношения происходит снижение развиваемого НРС давления.

Форма вставки при = 15-20% сильно не влияет на развиваемое НРС давление.

Скважины диаметром более 56 мм можно использовать для отбойки горной породы с применением НРС.

Литература

1. Иляхин С.В. Способ направленного разрушения горных пород. А/с № 1828164, 1991.
2. Христолюбов В.Д., Скоробогатова Л.М. Невзрывные способы разрушения горных пород. – М. : МГИ, 1991.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КРЕПИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ НА РУДНИКЕ «ОКТЯБРЬСКИЙ» ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»

Несмотряев В.И., Юкаев А.С.

vladimiresmotryaev@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Одним из основных факторов, характеризующих условия ведения горных работ на рудниках ОАО «ГМК «Норильский никель», является повышенная нарушенность пород и руд на вскрываемых участках шахтных полей с увеличением глубины разработки. Прежде всего, это обусловлено интенсивностью тектонической нарушенности породного массива.

С учётом непростых горно-геологических условий для упрочнения массива горных пород и повышения устойчивости обнажений на руднике значительные объёмы по проходке горизонтальных выработок выполняются с использованием крепи. Основным видом крепи являются железобетонные анкеры или их сочетание с набрызгбетоном.

Эти виды крепи успешно выполняют грузонесущие функции, обеспечивают необходимую безопасность работ, улучшают условия проветривания выработок, снижают затраты на их крепление и поддержание в период эксплуатации, позволяют легко механизировать процесс ее возведения.

Железобетонный анкер состоит из стержня круглого или периодического профиля, который закрепляется в шпуре цементно-песчаным раствором. Для приготовления раствора применяют быстросхватывающиеся цементы марки М400 – М600. Комплект оборудования ПН-1 состоит из трех контейнеров для транспортирования сухой смеси и пневмонагнетателя, который служит для приготовления смеси и подачи готового раствора сжатым воздухом под давлением до 0,5 МПа в шпур.

Оборудование ПН-1 смонтировано на самоходной подземной установке «NORMET» марки Utilift-807. Смесь загружают в бак пневмонагнетателя, где она перемешивается винтовыми лопастями и по резиновому шлангу подводится к трубе длиной 1м, которая вводится в шпур. Железобетонные анкеры, установленные с помощью комплекса ПН – 1, приобретают несущую способность до 50 кН через 3,5 часа после их возведения.

Бурение шпуров под анкеры производится широко применяемой на руднике самоходной гидравлической бурильной установкой RocketBoomer 282с перфораторами COP 1838.

По грузонесущей способности анкера при его длине 1,8м рассчитана и принята сетка штангования 1×1 м. В условиях рудника железобетонные анкеры применяются преимущественно в сочетании с набрызгбетоном. Он наносится непосредственно по анкерам или по арматурной сетке, которая удерживается на поверхности выработки анкерами.

Для нанесения набрызгбетонного покрытия применяется самоходная установка Sprautec 1050W на пневмоколесном ходу с дизельным приводом вкуче с машиной для перевозки готовой бетонной смеси на пневмоколесном ходу с дизельным приводом Utimes 1500 Transmixer.

Марка применяемого цемента 400-500, песок с крупностью зерен не более 3,6мм. Оптимальный состав раствора согласно проведенным исследованиям (цемент, песок) –1:1, водо-цементное отношение – 0,45. Для ускорения схватывания и твердения добавляется хлористый кальций в количестве до 3% от веса цемента.

В перспективе было бы целесообразным применение технологии возведения анкерной и комбинированной крепи с использованием специальной установки, разработанной шведской фирмой AtlasCopco, которая в полуавтоматическом режиме дистанционно управляемыми манипуляторами поднимает арматурную сетку, прижимает её к поверхности выработки, бурит шпур, устанавливает трубчатые анкеры с использованием воды под большим давлением.

Рассмотренные конструкции крепи показали себя как наиболее эффективные в условиях рудника «Октябрьский».

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД

Устанеко Г.Ю., Иляхин С.В.

buheirf94@mail.ru, isv11@mail.ru,

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В настоящее время при проходке подземных горных выработок, особенно тоннелей метро и автотоннелей, проектировщики и эксплуатационщики сталкиваются с проблемой возрастающей вибрации [1], которая, в первую очередь, воздействует на крепь, стенки выработок и на дорожное полотно (автодороги, железные дороги). Вибрационные нагрузки возникают вследствие движения транспорта по тоннелю, которые передаются ходовой частью на почву выработки, за счет знакопеременных нагрузок на дорожное полотно [2].

Для прогнозирования этих колебаний необходимо изучить влияние низкочастотной вибрации, в диапазоне амплитуды от 2 до 5мм, с частотой от 20 до 80Hz, на крепость горных пород.

Цель работы – разработать стенд, для изучения влияния вибрации (низкочастотной и высокочастотной) на модель выработки, чтобы оценить изменение предела прочности материала модели при различных частотах амплитудах и скоростях нагружения.

За основу конструкции стенда была взята модель вибростола, предназначенного для изготовления брусчатки из цемента и шлакоцементных блоков. Такие столы вибрируют материал загруженной формы для повышения их плотности и, как следствие, прочности.

Вибростол включает две столешницы, между которыми находятся пружины. К верхней столешнице, обычно, крепится вибратор. Изменение частотных характеристик вибростола осуществляется за счет регулирования скорости вращения вала с эксцентриком, расстояние которого от центра вала до последнего, изменяется в необходимых пределах.

Вибростол устанавливается на ножках, скрепленных между собой поперечными царгами, усиленными стяжками. Для снижения воздействия вибрации стола на основание ножки оснащаются резиновыми наконечниками, которые кроме этого избавляют всю конструкцию вибростола от внешнего воздействия. Помимо этого вся конструкция стенда размещается на специальном резиновом коврике.

Одна из первостепенных задач в конструировании вибростола – избавление от лишнего веса столешниц, изготавливаемых из стальных листов, толщиной 2-5мм. Поэтому для разрабатываемой нами конструкции нижнюю столешницу рекомендуется делать с вырезом, оставив пространство для «стаканов», в которые будут помещаться пружины. Ножки вибростола телескопические, с возможностью регулирования высоты столешницы по отношению к основанию. Причем, также как и в прототипе, торцы ножек оснащаются прорезиненными прокладками, а, кроме того, дополнительно вводится устройство (винтовое) для регулирования высоты каждой ножки стола. Регулирование ножки необходимо, чтобы избежать неровностей основания.

Между ножками и нижней столешницей помещаются дополнительные резиновые прокладки для гашения вибрации.

Для регулирования амплитуды колебаний кроме характеристик вибратора подбираются пружины, со специальными характеристиками, которые определяются вначале теоретическим путем, а затем доводятся в процессе проведения экспериментов.

Самым сложным конструктивным решением было правильное размещение вибратора. В итоге в процессе проведения предварительных испытаний, было решено поместить вибратор на отдельную платформу, которая будет располагаться над верхней столешницей. Вибратор крепится к отдельной платформе снизу, а последняя соединяется с верхней столешницей шарниром. Для этой цели, чтобы расположить вибратор на отдельной платформе пришлось выполнить вырез в верхней столешнице, таким образом, чтобы вибратор мог свободно проходить сквозь неё. Это обеспечивает изменение положения вибратора при

проведении испытаний (с одной стороны) и создавать продольные и поперечные частотные нагрузки на образец (с другой стороны).

К верхней столешнице прикреплены горизонтальные направляющие в виде двух металлических стержней, на одном из торцов которых сверлятся отверстия, для установки стержня между двумя направляющими. При проведении экспериментов в изготовленной модели выполняются отверстия (на всю длину), в которые заводится металлический стержень. Причем диаметр стержней должен быть максимально близким к диаметру отверстия. Торцы стержней закрепляются в отверстиях направляющей. Диаметр стержней изменяется от 0,5 до 2 сантиметров.

Для того, чтобы работать с образцами различной высоты, в торцах направляющих, установленных вертикально по отношению к верхней столешнице, выполняются дополнительные отверстия по высоте торца.

Соответственно, образец (в форме куба) необходимо сделать с полостью внутри, в форме эксплуатационного тоннеля. Сам же образец помещается на пресс, типа П-50. Во время вибрирования, пресс будет создавать статическую нагрузку вышележащего массива горных пород. А вибратор создаст в образце колебания с вышеуказанными параметрами. По мере нагружения образца в прессе, будет изменяться его предел прочности.

В качестве образцов для проведения экспериментов используются образцы горных пород, либо песчано-цементные или газобетонные блоки, размеры которых может изменяться от 5 до 20 см. Образцы горных пород или газобетона выпиливаются на станках алмазного пиления, а песчаноцементные образцы изготавливаются с помощью специально подготовленных форм и выдерживаются до набора максимальной прочности (23-28 дней).

Регистрация параметров колебаний осуществляется при помощи стандартных приборов (скорость нагружения, ускорение, амплитуда и частота) [3].

Работает стенд следующим образом. На столешницу прессы устанавливается образец, с отверстием, в которое заводится стержень. Затем подводится вибростол, и подбирается необходимая высота. После этого стержень закрепляется в направляющих, а на столешницу вибростола устанавливаются контрольно-измерительные приборы. При включении вибратора обеспечивается определенная частота, амплитуда и ускорение в образце. Затем столешница прессы опускается, и образец постепенно разрушается, при постоянном воздействии вибрации на образец. После чего результаты экспериментальных данных обрабатываются стандартными методами.

На предлагаемой конструкции стенда возможно проведение испытаний, как с вертикальными колебаниями, так и горизонтальными, а при определенной доработке, можно изучать влияние горизонтальных и вертикальных колебаний.

Литература

1. Мубараков Я.Н. Взаимодействия тоннеля и станции с грунтом при сейсмических воздействиях, изд. «Фан», Ташкент 1973г., с. 117-124.
2. Ишанхонджаев А. Рекомендации по сейсмостойкости сооружений метрополитена для использования при проектировании, изд. «Фан», Ташкент 1973 г., с. 70-75.
3. Мохначев М.П., Усталость горных пород, изд. «Наука», Москва 1979г., с. 20-2.

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВОДОПРИТОКА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА

Зиннуров Р.А., Чернов А.Н.

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Защита сооружений, находящихся под действием воды, является весьма ответственной и часто нелегкой технической задачей.

Основными методами защиты сооружений от водопритока являются: цементация (стена в грунте), битумизация, силикатизация, глинизация и замораживание.

1. Цементация применяется при размере трещин и пор от 0.1 мм и более. Сущность способа заключается в нагнетании в трещины у основания сооружения цементного или цементно-глинистого раствора через пробуренные в породе или грунте скважины. Заполнивший трещины и поры цемент схватывается и превращает породу в прочный малопроницаемый монолит.

Стена в грунте – при этом способе бурением или экскавацией в грунте создается траншея, которая заполняется бетоном, образуя водонепроницаемую бетонную стену. Широкое распространение получил метод построения стены в грунте с помощью буросекущих свай. В этом случае работ по цементации ведут методом последовательного сближения скважин. Намечают скважины первой очереди на расстоянии, исключающем взаимную связь с процессом цементации. После окончания цементации этих скважин между ними разбуривают и цементируют скважины второй очереди, затем скважины третьей очереди и т.д. до тех пор, пока не будет создана единая монолитная структура. Расстояние между скважинами первой очереди может быть принято 6-8 м, второй – 3-4 м, третьей – 1,5-2 м и т.д. Работы по цементации горных пород могут выполняться одним из трех способов: бурением скважин и цементацией на проектную глубину в один прием; бурение скважин и цементацией нисходящими зонами и бурением скважин на проектную глубину и цементацией восходящими зонами.

Цементацию на проектную глубину применяют при устройстве неглубоких завес (до 10-15 м) в горных породах, которые хорошо держат стенки скважин.

Цементацию восходящими зонами применяют в достаточно прочных породах при хорошей их изученности. При этом способе отпадает необходимость постоянно держать буровое оборудование, процесс производства работ проще, производительность труда выше. К недостаткам способа относят утечку раствора в скважину в обход тампона; невозможность создания высоких напоров, т.к. над каждой цементируемой зоной лежат уплотненные породы [1].

Цементация нисходящими зонами имеет наибольшее распространение. Сначала бурят скважину на глубину зоны, затем производят цементацию. После твердения цементного раствора первой зоны разбуривают цементный камень в скважине и бурят породу второй зоны, после чего цементируют вторую зону и т.д. К достоинствам способа относят возможность уточнения глубины завесы в процессе производства работ, возможность цементации при высоких давлениях. Татки – неоднократное переоборудование скважин для бурения и цементации, необходимость повторного разбуривания цементного камня предыдущей зоны цементации [2].

2. Битумизация применяется при больших скоростях фильтрации (до 5000-7000 м/сут); или при наличии агрессивных вод (горячая битумизация). Для уплотнения песчаных грунтов применяется холодная битумизация. В комплекс работ входят бурение и оборудование скважин, приготовление битумных мастик, нагнетание и контроль качества завесы.

3. Силикатизация Метод представляет собой химический способ укрепления песчаных грунтов. В результате химической реакции из раствора выделяется гель кремнистой кислоты, заполняющий поры грунта и превращающий его в прочный водонепроницаемый монолит.

При силикатизации применяют два способа – однорастворный и двухрастворный. При однорастворном способе в грунт нагнетают силикат натрия с добавкой фосфорной или серной кислот. Этот способ применяют для устройства завес в пылеватых песках с коэффициентом фильтрации от 0,5 до 5 м/сут. При двухрастворном способе в грунт последовательно нагнетают жидкое стекло и раствор хлористого кальция. Этот способ применяют для консолидации среднезернистых песков с коэффициентом фильтрации от 2 до 80 м/сут.

4. Глинизация. Этот метод применяется при наличии в уплотняемой среде больших полостей, заполнение которых цементным раствором нецелесообразно, а также при наличии агрессивных вод и глины в порах.

Глинистый раствор, поступая в трещину и продвигаясь по ней, откладывает глинистые частицы на стенках трещины, благодаря чему создаются дополнительные препятствия продвижению раствора, постепенно увеличивающиеся и, наконец, совершенно останавливающие его движение. Образование такой преграды создаст разницу давлений по обеим сторонам трещины, находящаяся под большим давлением вода нагнетаемого раствора стремится просочиться сквозь преграду, оставляя за собой содержащиеся в ней глинистые частицы, которые все более и более закупоривают трещины. Выполненные посредством глинизации водонепроницаемые завесы в основании постоянных гидросооружений позволяют в случае необходимости (при ослаблении действия глинизации с течением времени) повторить процесс. В комплекс работ входит бурение скважин, приготовление глинистых растворов, нагнетание и контроль качества завесы.

Возможность применения глинизации в зависимости от скорости грунтового потока устанавливается опытным путем [2].

5. Замораживание. Суть метода заключается в следующем: в скважины диаметром 200-250 мм с шагом до 1,5 м по периметру заморозки устанавливают замораживающие колонки, по трубам которых циркулирует охлажденный до заданной температуры теплоноситель. Теплоноситель через стенки замораживающей трубы отбирает тепло у грунта, вызывая тем самым его промерзание и образование льдогрунтового цилиндра. Искусственное замораживание грунтов сводится к следующему. По контуру будущей выработки на некотором удалении от периметра пробуривается система скважин на расстоянии 0,8-1,3 м одна от другой, диаметром 200-250 мм и глубиной на 3-5 м больше требуемой глубины замораживания. Скважины должны быть строго вертикальными во избежание образования «окон» – не промороженных участков [3]. В скважины устанавливают замораживающие колонки, по которым циркулирует хладоноситель (раствор хлористого кальция, газообразный аммиак, углекислый газ или воздух, охлажденный до температуры -20 градусов и ниже). Чем больше глубина замораживания, тем ниже температура хладоносителя: при глубине менее 15 м – температура -25°C, при больших глубинах – температура от -25°C до -45°C. В качестве хладоносителей чаще всего используют солевые растворы хлористых кальция и магния или их смесь [2].

Литература

1. Бочко Э.А. Никишина В.А. Упрочнение неустойчивых горных пород при бурении скважин. М., Недра.1979.
2. Гончарова Л.В. Основы искусственного улучшения грунтов (Техническая мелиорация грунтов). Издательство МГУ, 1973.
3. Юрданов А.П. Термическое упрочнение грунтов в строительстве. 1990.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ПАТРОНОВ ДЛЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ПРИ СООРУЖЕНИИ СТАНЦИЙ МЕТРО

Гусенов Д.В., Чубаров В.В.

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Вопросам снижения сейсмического воздействия взрыва на горные породы на контуре горной выработки, путем изменения конструкции заряда и предложению комбинированной системы ведения буровзрывных работ с использованием газогенерирующих патронов для оконтуривающих шпуров и посвящена данная работа.

При взрывном способе проходки перегонных тоннелей и станций метро в условиях мегаполисов большое внимание должно уделяться вопросам сейсмического воздействия взрыва на окружающие горные породы и объекты, находящиеся в подземных условиях и на поверхности. Практика строительства московского метро показывает, что в настоящее время сейсмическая безопасность обеспечивается за счет малой величины шпуровых зарядов и большого числа ступеней замедления. Так при строительстве станции метро «Окружная», чтобы уменьшить массу одновременно взрываемого взрывчатого вещества, для уменьшения воздействия взрыва на горную породу на контуре выработки, количество замедлений доходило до 25. Но при сооружении крупных трехпролетных станций, когда два транспортных туннеля уже существуют и между ними сооружается сама станция в виде туннеля большого диаметра, возникает еще одна проблема. Для движения пассажиров с центральной платформы к поездам необходимо сооружать проходы в перемычках между туннелями. Эти проходы в настоящее время также сооружаются взрывным способом, при этом необходимо обеспечить минимальное трещинообразование в столбах-пилонах между соседними проходами, что требует от проходчиков ювелирного мастерства. В настоящее время, при горных работах на поверхности, для отделения блочного камня значительное применение наряду с другими методами (клиновой, резание алмазными дисками и цепями, патронами «гидрокс» и др.) находят газогенераторные патроны. Они широко применяются для дробления старых бетонных фундаментов в городских условиях, отбойки пород на месторождениях драгоценных камней. Лабораторно-полигонные испытания газогенераторов хлоратных патронированных ГХП проводились в производственных условиях «СМУ-5 Мосметростроя». Объектами испытаний служили железобетонные блоки 0,6 x 0,6 x 2,4 м. В каждом блоке бурилось 3 или 4 шпура. При срабатывании газогенераторов блоки были расколоты на 2-3 куска (в зависимости от схемы расположения шпуров). При этом образовались трещины шириной более 30 мм без разброса кусков. Характер воздействия давления газов – квазистатический, за пределами зоны разрушения не возникает значительных волн напряжений и не образуются трещины.

В исследовании предлагается использовать газогенераторы для контурного взрывания горных пород при комбинированном способе их отделения от массива в процессе сооружения туннелей метро. Газогенерирующие патроны представляют собой пластмассовые пеналы диаметром 18-30 мм, длиной 100-600 мм, заполненные порошкообразным окислителем различными добавками и дизельным топливом. Торец патрона закрыт пробкой с электропусковым устройством. Исходя из вышеизложенного, они могут применяться при стандартных схемах расположения оконтуривающих шпуров при условии выполнения необходимых расчетов.

Литература

1. Парамонов Г.П., Ковалевский В.Н. Применение газогенерирующих составов для отбойки блочного камня и разрушения искусственных и естественных объектов. Горный журнал Казахстана № 1-2, 2013 г.
2. Кирсанов О.Н., Кирсанова Т.М. Патент-Газогенератор для разрушения или раскалывания естественных и искусственных объектов и способ разрушения или раскалывания естественных и искусственных объектов (РФ №2498064). 2013.

ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЬМАТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРАКТИКИ И НАБЛЮДЕНИЙ

Цымбалов А.А.

arhimed64@mail.ru, Саратовский государственный технический университет
им. Гагарина Ю.А., Саратов, Россия
Научная организация «Архимед», Саратов, Россия

В Приволжском федеральном округе ежегодно наблюдается потребность в бурении водозаборных скважин. Соблюдение проектных норм в период строительства скважин, выполнение рекомендаций по режимам эксплуатации и ведению регламентов технического обслуживания позволяет продлить срок службы водозаборных скважин до (30-50) лет. Из практики НО «Архимед» по ведению ремонтно-восстановительных работ (РВР) закольматированных скважин в Саратовской области и анализа их работы получено, что время продолжительности эксплуатации скважин до РВР у 60% выборки составила (3-5) лет, 35% – (10-15) лет и 5% – более 35 лет [3]. Анализ литературных источников по закольматированным скважинам из региональной российской практики показал: только (20-40)% скважин отрабатывают амортизационный срок (25 лет). К снижению дебита скважин приводит кольматация околоскважинной (коллекторно-фильтрационной) зоны. Она уменьшает водопроницаемость продуктивного пласта.

Цель материала: показать роль процесса механической, химической и биологической кольматации на снижение дебита скважины.

Кольматация это процесс естественного проникновения или искусственного внесения мелких (коллоидных, глинистых и пылеватых) частиц и микроорганизмов в поры и трещины горных пород, в фильтры водопропускных устройств, а также осаждение в них химических веществ, способствующих уменьшению их водо- или газопроницаемости. Носителями структуры элементов кольматационного материала (кольматанта) являются жидкости и газы [4].

При эксплуатации скважин в околоскважинной зоне развивается процесс механической, химической и биологической кольматации.

Механическая кольматация происходит в результате проникновения глинистых частиц промывочной жидкости в продуктивный пласт при бурении. Эксплуатация скважиной горизонта заставляет глинистые частицы вновь возвращаться к околоскважинной зоне и забивать поровое пространство гравийной обсыпки и ячейки сетки фильтра. Исследованиями В.Т. Гребенникова на буровых объектах в Саратовской области с промывкой глинистым раствором удельной плотностью $\rho = 1140 \text{ кг/м}^3$ дальность проникновения промывочной жидкости в верхнюю часть горизонта составила 1,5-2,0 м, а в среднюю – 0,8 м [1]. В процессе строительства скважины мероприятия в виде строительных и технологических откачек минимизируют зону кольматации, созданную раствором промывочной жидкости. Средние значения зоны механической кольматации в рыхлых водонасыщенных песках может составлять до 0,5 метра.

Химическая кольматация начинается с первых минут эксплуатации скважин. На ее активность влияют ряд факторов: химический состав воды, эксплуатационные параметры насосного оборудования, температура подземной воды и дневной поверхности, литологические и гидродинамические параметры разреза пласта, парциальное давление газов растворенных в воде, водородный показатель рН, окислительно-восстановительный потенциал Eh, показатель давления недиссоциированных водородных ионов в воде гН. При эксплуатации скважины в зоне околоскважинного пространства происходит турбулизация водного притока из пласта с активным аэрированием слоев воды в скважине. Это вызывает нарушение химического равновесия жидкости, смещая гидрохимический барьер (по Перельману Э.И. «кислородный барьер») с резкой активизацией химических элементов. Если подземная вода насыщена железом, что

очень распространено в Саратовской области, то в результате имеем переход двухвалентного железа в трехвалентное в виде золя. Дальнейшее окисление железа формирует малоподвижные гидроокислы железа в виде коллоидов. После коагуляции коллоидной массы (желто-бурые хлопья) она формируется в виде мягкопластичного осадка. Если подземные воды имеют минерализованный состав, то при нарушении карбонатного равновесия соли кальция и магния создают нерастворенные карбонатные соединения на стенках фильтра и порах гравийной засыпки.

Биологическая кольматация провоцируется железобактериями, марганцевыми бактериями и сульфатовосстанавливающими бактериями, водорослями, совокупностью микроорганизмов. Определенное сочетание температуры, pH, Eh, rH приводит к интенсификации гидробиоценоза на гравийной засыпке с образованием твердого субстрата. Долгое время активизацию микробиологической деятельности не считали компонентом геологической среды. Исследования в России, США, ЕС доказали ее наличие. Установлено, что подавить микробиоту крайне затруднительно (носит временный характер) на водопропускных элементах, т.к. накопление микробной массы в песчаных грунтах снижает водоотдачу до нуля, а коэффициент фильтрации до 10^{-4} м/сут.

Наиболее часто в скважинах наблюдается комбинированный кольматаж. Например, механический и химический с выраженным характером последнего. В практике НО «Архимед» оказалась скважина (H = 70м, D = 168мм, K_{1al}) коллективного пользования НПО «Водопласт» (с. Чардым Вольского района Саратовской области), в которой имело место процессы механического, химического и биологического кольматажа. Уникальность скважины и добытых образцов кольматанта заключалась в непрерывной ее эксплуатации 16-ть лет без технического обслуживания. Это позволило в природных условиях сформировать естественный кольматационный осадок в околоскважинной зоне, послужившей снижению дебита с 6 м³/ч до 2 м³/ч. Результатом кольматационных процессов внутри скважины стал наращенный (первые три трубы НКТ и насос ЭЦВ) твердый ожелезненный осадок толщиной до 10 мм. Методика и результаты исследований прочностных характеристик кольматанта ($\sigma_p = 3,51$ МПа, $\sigma_{сж} = 11,40$ МПа) подробно изложены в работе [2].

На основании гидрогеомиграционного моделирования химических элементов подземных вод следует, что химический состав осадка кольматационных отложений в околоскважинном пространстве аналогичен сформированному осадку на любых элементах расположенных внутри скважины. Поэтому анализ пробы осадка с насосного оборудования или НКТ является основой в разработке проекта РВР.

Литература

- 1.Гребенников В.Т., Шакурова В.И. Реагентное освоение скважин сельскохозяйственного водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. – 1991. – №9. – С.19-20.
2. Цымбалов А.А. Результаты исследований структуры кольматационных отложений в водозаборных скважинах / Геологические науки – 2014: сб. науч. тр. Сарат. гос. ун-та и Нижне-волжск. НИИ геол. и геофиз. – Саратов: Изд-во СО Евро-азиат. геофиз. общ-ва, 2014. – С.79-81.
- 3.Цымбалов А. А. Срок эксплуатации и межремонтный период методов регенерации скважинных водозаборов (на примере Саратовской области) // Яковлевские чтения. – М.: НИУ МГСУ (ИИЭСМ),2016.-С.146-150.
- 4.Цымбалов А.А. Технология декольматации фильтрационных поверхностей водозаборных скважин // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. тр. Сарат. гос. техн. ун-та. – Саратов:СГТУ,2011. – С. 65-69.

РЕКОМЕНДАЦИИ В УСТРАНЕНИИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ПЕСКОВАНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

Цымбалов А.А.

arhimed64@mail.ru, Саратовский государственный технический университет
им. Гагарина Ю.А., Саратов, Россия,
Научная организация «Архимед», Саратов, Россия

Водозабор и эксплуатация скважин в рыхлых песчаных горизонтах является распространенным явлением в РФ и странах СНГ. Строительство таких скважин позволяет минимизировать капитальные затраты и трудоемкость дальнейшего их обслуживания. Как показала многолетняя практика НО «Архимед» по ведению РВР эти скважины подвержены процессу пескования. С точки зрения теории надежности процесс пескования водозаборных скважин является дефектом, снижающим производительность подземного источника. Решение данной проблемы требует системного подхода в изучении и анализе пескопроявления (ПП) с целью выработки мер по его устранению.

Образование песчаных пробок – это процесс накопления песка во внутренней части скважины, нарушающий ее работоспособность и целевое назначение. Целью работы является выявление условий ПП и их устранения с выработкой мер борьбы и профилактики поддержания дебита таких скважин.

Из анализа исследований по этому вопросу следует, что основными причинами ПП являются: 1) конструктивное несоответствие фильтрационных элементов (ячеек фильтра, зазора искусственного фильтра в виде гравийной засыпки) литологическому составу водоносного пласта; 2) повреждение фильтрационной сетки; 3) разгерметизация соединительных швов фильтра в случае не заводской сборки его элементов; 4) консолидация гравийной обсыпки фильтра при строительстве скважины в неустойчивых грунтах или грунтах с аномальным напорным давлением (пльвун); 5) нарушение герметичности сальникового соединения фильтра; 6) некачественное уплотнение при тампонировании затрубного пространства; 7) разрушение стыковых соединений обсадных труб и фильтра; 8) образование свищей в обсадных трубах из-за коррозии металла; 9) неисправность водозаборного устройства (ВЗУ) и его автоматического блока управления (АБУ); 10) образование трещин в цементной пробке башмака отстойника скважины.

Признаками ПП, основываясь на практике ведения РВР водозаборных скважин НО «Архимед», являются а) поступление количества песка из скважины на дневную поверхность более 0,01% от массы воды; б) изменение проектной отметки забоя скважины (наrost песчаной пробки внутри скважины); в) нарушение работы ВЗУ и АБУ.

Всякое ПП скважины приводит к отрицательным последствиям: 1) разрушению пласта-коллектора как в прифильтровой зоне, так и вдали от скважины (наиболее интенсивно разрушается подкровельная часть пласта, сформированная рыхлыми породами. Их сползание приводит к обрушению кровли пласта, нарушению герметичности заколонного пространства; 2) кольматации фильтровой зоны верхними слоями обрушенной кровли, возможно с глинистыми элементами, и последующим нарушением объема искусственного гравийного фильтра и закупоркой локальных каналов фильтрации; 3) снижению дебита скважины в виду уменьшения объема водоприемной части фильтра и его механической кольматации; 4) прихватыванию ВЗУ внутри скважины наростом песчаной пробки; 5) забиванию песком живого сечения колонны НКТ; 6) преждевременной замене запорной арматуры, ВЗУ, АБУ, НКТ.

Механизм процесса ПП при эксплуатации водозаборной скважины состоит в суффозии частиц песка из околоскважинной зоны через фильтрационный элемент во внутреннюю часть скважины. ПП из пласта частиц песка, глины и ила вызывает механическую кольматацию скважины. Если процесс суффозии происходит через фильтр, то песок заполняет отстойник, а затем фильтровую часть скважины до определенной высоты. Высота и плотность песчаной пробки бывают разные. Состав песчаной массы пробки формируется

мелкими, средними и крупными частицами породы пласта. Песчаная пробка нарушает эксплуатационные параметры скважины. Сначала она незначительно (20-40%) уменьшает дебит. После увеличения объема песка пробка перестает обеспечивать водопроницаемость.

В процессе жизненного цикла скважины ПП может происходить мгновенно, циклично или непрерывно. Песчаная пробка в скважине иногда накапливается стабильно медленно, т.е. непрерывно в течение длительного времени. Порой может образоваться, катастрофически быстро. В случае закупорки скважины песком эксплуатация ее прекращается и ей требуется капитальный ремонт. При назначении технологических операций по капитальному ремонту скважин (КРС) из-за пескования в системе «пласт – скважина» необходимо выделять следующие элементы этой системы: а) околоскважинная зона, б) внутренняя часть скважины, в) колонна НКТ, требующих восстановления.

Алгоритм операций КРС: 1) удаление песчаной пробки из ствола скважины; 2) нахождение участка пескования; 3) назначение методов восстановления работоспособности скважины. Удаление песчаной пробки из ствола скважины ведется с помощью желонирования, эрлифта или гидродинамического размыва. Нахождение участка пескования скважины производится камерами видеонаблюдения. По назначению методов восстановления работоспособности скважины имеется несколько технических решений (ТР). Первым ТР является применение герметизирующего оборудования, эластичной ткани и герметиков для заделки участков пескования в фильтре, обсадной трубе, отстойнике, сальнике, колонне НКТ. При невозможности применения герметизации в пескующем фильтре скважины рассматриваются другие варианты ТР: 1. Формирование внутри пескующего фильтра гравийной обсыпки с гидравлической трамбовкой (метод осуществим при напорном горизонте и возможности отклонения дебита ниже проектного); 2. Установка внутри пескующего фильтра нового фильтра меньшего диаметра; 3. Замена старого фильтра на новый. Во всех примененных технических решениях жизненный цикл скважин, имеющих ранее ПП, будет уменьшен. Восстановление проектного (или близкого значения) дебита таких скважин с ущемленным жизненным циклом возможно профилактическими работами по активизации околоскважинной фильтрационно-коллекторной зоны инновационными методами, приведенных в работах [1-4]. Рекомендуемые меры по предотвращению ПП: 1. Проводить техническое обслуживание (плановое и профилактическое) скважины; 2. Контролировать удельный дебит скважины с допуском снижением до 25%; 3. Не производить замену насоса, производительность которого выше проектной; 4. Не устанавливать насос ниже расчетной глубины указанной в проекте, например, в зоне фильтра; 5. Содержать автоматический блок управления насоса в исправном состоянии.

Таким образом, анализ причины ПП водозаборных скважин позволил дать алгоритм процесса механизации и выработать рекомендации по предотвращению явления пескования с использованием инновационных методов.

Литература

1. Башкатов А.Д. Предупреждение пескования скважин. – М.: Недра, 1991. – 176 с.
2. Богданов Н.И. Эксплуатация и ремонт скважин: курс лекций. – Новочеркасск: НИМИ, ДГАУ, 2014. – 46с.
3. Цымбалов А.А. Моделирование закольматированных водопропускных грунтовых сред: особенности и условия развития // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. – Магнитогорск: Изд-во МГТУ, 2015. – С.133-138.
4. Tsymbalov A.A. Role of seismohydrogeologic effects in solution of problems on borehole area dekolmatation: Predestruction and destruction. Part I // Seismological Conference (TASECO-2016). – Tashkent: Muxammad poligraf, 2016. – P.599-606.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА РУДНИКАХ ЗАПОЛЯРНОГО ФИЛИАЛА ПАО «ГМК "НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ"»

Бушаров А.Д., Жилкин Е.М., Яшина В.И., Яшин В.П.

Yashin49@bk.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

При добыче руды на месторождениях Талнахского рудного узла принята технология очистной выемки системами разработки с полной закладкой выработанного пространства. Производство закладочных работ является неотъемлемой технологической операцией единого цикла по добыче руды в очистном забое (слое, ленте, камере, панели). Основным назначением закладочного массива является: управление горным давлением при очистной выемке; обеспечение безопасной и эффективной технологии очистной выемки; обеспечение наиболее полного и комплексного извлечения полезного ископаемого. Для закладки выработанного пространства применяются смеси материалов (заполнителей и вяжущих веществ), твердеющих во времени благодаря происходящим в них физико-химическим процессам. Основными требованиями к закладочному массиву, как способу управления горным давлением, является сохранение устойчивости горных пород в обнажениях и создание необходимого подпора для поддержания очистных выработок при ведении горных работ. Принципиальную оценку степени пригодности сырья для твердеющей закладки производят лабораторными исследованиями физико-механических свойств составных компонентов, а затем образцов закладки, приготовленных в опытно-порядке из наиболее приемлемых материалов в различных соотношениях.

Закладка выработанного пространства, составляет значительную часть затрат в себестоимости добычных работ. Поискам эффективных способов снижения стоимости возведения твердеющих массивов, на комбинате Норильский никель придают большое значение. Особо выделяя исследования по: сокращению в смесях расхода дорогостоящего цемента; вовлечению в производство минеральных смесей местных материалов и отходов производства; повышению качества возводимых искусственных массивов (снижения водоотведения и усадки, повышения однородности и т.д.).

Годовой объем закладочных работ на рудниках Заполярного филиала (ЗФ) ПАО «ГМК «Норильский никель» достигает 4 млн м³. Затраты на закладку составляют порядка 4 млрд руб./год.

В настоящее время на рудниках ЗФ при производстве закладочных смесей используются эффективные средства сокращения их стоимости. Впервые в практике закладочных работ внедрен и эффективно используется «мельничный способ» получения закладочных смесей. Вовлечены в производство шлаки Надеждинского металлургического завода, хвосты обогащения, местные ангидритовые породы. Цемент М300 производится местным заводом. Для усовершенствования технологии закладочных работ на комбинате выпускаются многокомпонентные группы твердеющих составов закладочных смесей: ШЩЦ – на основе гранулированных шлаков, базальтового щебня и цемента; АЩЦ – на основе ангидрита, шлака и цемента; АШЩЦ – на основе ангидрита, шлака, щебня и цемента и ШХЦ – на основе шлака, хвостов обогащения и цемента. Диаграмма удельного веса составов применения многокомпонентных закладочных смесей на рудниках ЗФ приведена на рис. 1.

В рамках совершенствования технологии закладочных работ, на ЗФ при реализации инвестиционного проекта Компании по использованию отвальных породных хвостов для закладки выработанного пространства рудников Талнаха на поверхностном закладочном комплексе рудника «Комсомольский» была введена в эксплуатацию опытно-промышленная установка, которая позволила сократить затраты на закладочные работы, содержание отвалов и хвостохранилищ Талнахской обогатительной фабрики, транспортировку материалов, а также снизить негативное влияние обогатительного производства на окружающую среду. Новая технология, примененная на опытно-промышленной установке,

исключает потребление щебня и ангидрита при одновременном увеличении количества цемента и использовании отвалных хвостов Талнахской обогатительной фабрики. После получения положительных результатов эксплуатации закладочного комплекса будет рассмотрен вопрос о внедрении проекта по использованию хвостов при закладке выработанного пространства на других рудниках Заполярного филиала.

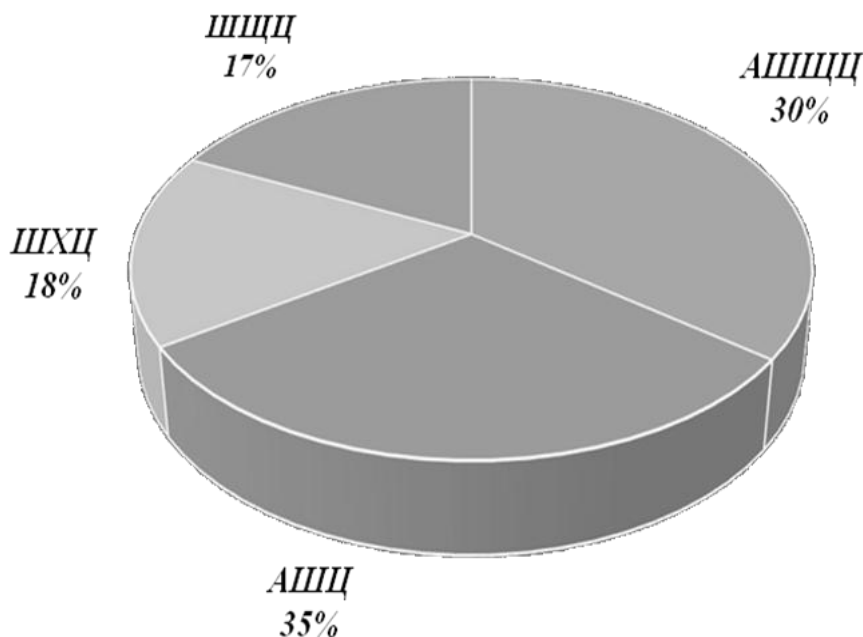


Рис. 1. Удельный вес составов закладки по группам на рудниках ЗФ

Кроме того, на комбинате проведено опробование применения в закладочных смесях различных добавок, применяемых в строительстве. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективно применение при производстве закладочных смесей лигносульфонатов технических (ЛСТ), механизм действия которых основан на адсорбционном воздействии не только с продуктами гидратации цемента, но и со шламовым тонкодисперсным ингредиентом, составляющим основную часть твердого в закладочных смесях. Перспективными могут стать исследования про применению химической добавки лингосульфоната при использовании в качестве вяжущего магнезиального цемента и применения отходов обогащения идущих в галитовый отвал влажностью 10-12%. Так, по укрупненным экономическим расчетам было определено, что ожидаемый эффект от применения лигносульфоната технического в составах на основе шлака и щебня может составить до 80 млн руб./год.

Все рассмотренные в анализе мероприятия по совершенствованию составов твердеющих закладок и технологии их изготовления направлены на снижение затрат на закладочные работы и соответственно на повышение эффективности и безопасности работы горнодобывающих предприятий Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель».

Литература

1. Монтянова А.Н., Вильчинский В.Б., Трофимов А.В. К вопросу сокращения стоимости закладочных смесей на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». Вестник МГТУ им. Г.И. Носова, № 4. – 2015.
2. Хайрутдинов М.М., Вотяков М.В. Разработка составов твердеющих закладочных смесей из отходов переработки руд калийных предприятий. М., МГТУ. Доклад на симпозиуме «Неделя горняка – 2007».
3. Сайты компании «Норильский никель». <http://www.nickelca.ru/>, <http://www.nornik.ru/>

ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЬМАТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРАКТИКИ И НАБЛЮДЕНИЙ

Цымбалов А.А.

arhimed64@mail.ru, Саратовский государственный технический университет
им. Гагарина Ю.А., Саратов, Россия,
Научная организация «Архимед», Саратов, Россия

В Приволжском федеральном округе ежегодно наблюдается потребность в бурении водозаборных скважин. Соблюдение проектных норм в период строительства скважин, выполнение рекомендаций по режимам эксплуатации и ведению регламентов технического обслуживания позволяет продлить срок службы водозаборных скважин до (30-50) лет. Из практики НО «Архимед» по ведению ремонтно-восстановительных работ (РВР) закольматированных скважин в Саратовской области и анализа их работы получено, что время продолжительности эксплуатации скважин до РВР у 60% выборки составила (3-5) лет, 35% – (10-15) лет и 5% – более 35 лет [3]. Анализ литературных источников по закольматированным скважинам из региональной российской практики показал: только (20-40)% скважин отрабатывают амортизационный срок (25 лет). К снижению дебита скважин приводит кольматация околоскважинной (коллекторно-фильтрационной) зоны. Она уменьшает водопроницаемость продуктивного пласта.

Цель материала: показать роль процесса механической, химической и биологической кольматации на снижение дебита скважины.

Кольматация это процесс естественного проникновения или искусственного внесения мелких (коллоидных, глинистых и пылеватых) частиц и микроорганизмов в поры и трещины горных пород, в фильтры водопропускных устройств, а также осаждение в них химических веществ, способствующих уменьшению их водо- или газопроницаемости. Носителями структуры элементов кольматационного материала (кольматанта) являются жидкости и газы [4].

При эксплуатации скважин в околоскважинной зоне развивается процесс механической, химической и биологической кольматации.

Механическая кольматация происходит в результате проникновения глинистых частиц промывочной жидкости в продуктивный пласт при бурении. Эксплуатация скважиной горизонта заставляет глинистые частицы вновь возвращаться к околоскважинной зоне и забивать поровое пространство гравийной обсыпки и ячейки сетки фильтра. Исследованиями В.Т. Гребенникова на буровых объектах в Саратовской области с промывкой глинистым раствором удельной плотностью $\rho = 1140 \text{ кг/м}^3$ дальность проникновения промывочной жидкости в верхнюю часть горизонта составила 1,5-2,0 м, а в среднюю – 0,8 м [1]. В процессе строительства скважины мероприятия в виде строительных и технологических откачек минимизируют зону кольматации, созданную раствором промывочной жидкости. Средние значения зоны механической кольматации в рыхлых водонасыщенных песках может составлять до 0,5 метра.

Химическая кольматация начинается с первых минут эксплуатации скважин. На ее активность влияют ряд факторов: химический состав воды, эксплуатационные параметры насосного оборудования, температура подземной воды и дневной поверхности, литологические и гидродинамические параметры разреза пласта, парциальное давление газов растворенных в воде, водородный показатель рН, окислительно-восстановительный потенциал Eh, показатель давления недиссоциированных водородных ионов в воде rH. При эксплуатации скважины в зоне околоскважинного пространства происходит турбулизация водного притока из пласта с активным аэрированием слоев воды в скважине. Это вызывает нарушение химического равновесия жидкости, смещая гидрохимический барьер (по Перельману Э.И. «кислородный барьер») с резкой активизацией химических элементов. Если подземная вода насыщена железом, что очень распро-

странено в Саратовской области, то в результате имеем переход двухвалентного железа в трехвалентное в виде золя. Дальнейшее окисление железа формирует малоподвижные гидроокислы железа в виде коллоидов. После коагуляции коллоидной массы (желто-бурые хлопья) она формируется в виде мягкопластичного осадка. Если подземные воды имеют минерализованный состав, то при нарушении карбонатного равновесия соли кальция и магния создают нерастворенные карбонатные соединения на стенках фильтра и порах гравийной засыпки.

Биологическая кольматация провоцируется железобактериями, марганцевыми бактериями и сульфатовосстанавливающими бактериями, водорослями, совокупностью микроорганизмов. Определенное сочетание температуры, pH, Eh, rH приводит к интенсификации гидробиоценоза на гравийной засыпке с образованием твердого субстрата. Долгое время активизацию микробиологической деятельности не считали компонентом геологической среды. Исследования в России, США, ЕС доказали ее наличие. Установлено, что подавить микробиоту крайне затруднительно (носит временный характер) на водопропускных элементах, т.к. накопление микробной массы в песчаных грунтах снижает водоотдачу до нуля, а коэффициент фильтрации до 10^{-4} м/сут.

Наиболее часто в скважинах наблюдается комбинированный кольматаж. Например, механический и химический с выраженным характером последнего. В практике НО «Архимед» оказалась скважина (H = 70м, D = 168мм, K_{1al}) коллективного пользования НПО «Водопласт» (с. Чардым Вольского района Саратовской области), в которой имело место процессы механического, химического и биологического кольматажа. Уникальность скважины и добытых образцов кольматанта заключалась в непрерывной ее эксплуатации 16-ть лет без технического обслуживания. Это позволило в природных условиях сформировать естественный кольматационный осадок в околоскважинной зоне, послужившей снижению дебита с 6 м³/ч до 2 м³/ч. Результатом кольматационных процессов внутри скважины стал наращенный (первые три трубы НКТ и насос ЭЦВ) твердый ожелезненный осадок толщиной до 10 мм. Методика и результаты исследований прочностных характеристик кольматанта ($\sigma_p = 3,51$ МПа, $\sigma_{сж} = 11,40$ МПа) подробно изложены в работе [2].

На основании гидрогеомиграционного моделирования химических элементов подземных вод следует, что химический состав осадка кольматационных отложений в околоскважинном пространстве аналогичен сформированному осадку на любых элементах расположенных внутри скважины. Поэтому анализ пробы осадка с насосного оборудования или НКТ является основой в разработке проекта РВР.

Литература

1. Гребенников В.Т., Шакурова В.И. Реагентное освоение скважин сельскохозяйственного водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. – 1991. – №9. – С. 19-20.
2. Цымбалов А.А. Результаты исследований структуры кольматационных отложений в водозаборных скважинах / Геологические науки – 2014: сб. науч. тр. Саратов. гос. ун-та и Нижне-волжск. НИИ геол. и геофиз. – Саратов: Изд-во СО Евро-азиат. геофиз. общ-ва, 2014. – С. 79-81.
3. Цымбалов А.А. Срок эксплуатации и межремонтный период методов регенерации скважинных водозаборов (на примере Саратовской области) // Яковлевские чтения. – М.: НИУ МГСУ (ИИЭСМ), 2016. – С. 146-150.
4. Цымбалов А.А. Технология декольматации фильтрационных поверхностей водозаборных скважин // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. тр. Саратов. гос. техн. ун-та. – Саратов : СГТУ, 2011. – С. 65-69.

РЕКОМЕНДАЦИИ В УСТРАНЕНИИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ПЕСКОВАНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

Цымбалов А.А.

arhimed64@mail.ru, Саратовский государственный технический университет

им. Гагарина Ю.А., Саратов, Россия;

Научная организация «Архимед», Саратов, Россия

Водозабор и эксплуатация скважин в рыхлых песчаных горизонтах является распространенным явлением в РФ и странах СНГ. Строительство таких скважин позволяет минимизировать капитальные затраты и трудоемкость дальнейшего их обслуживания. Как показала многолетняя практика НО «Архимед» по ведению РВР эти скважины подвержены процессу пескования. С точки зрения теории надежности процесс пескования водозаборных скважин является дефектом, снижающим производительность подземного источника. Решение данной проблемы требует системного подхода в изучении и анализе пескопроявления (ПП) с целью выработки мер по его устранению.

Образование песчаных пробок – это процесс накопления песка во внутренней части скважины, нарушающий ее работоспособность и целевое назначение. Целью работы является выявление условий ПП и их устранения с выработкой мер борьбы и профилактики поддержания дебита таких скважин.

Из анализа исследований по этому вопросу следует, что основными причинами ПП являются: 1) конструктивное несоответствие фильтрационных элементов (ячеек фильтра, зазора искусственного фильтра в виде гравийной засыпки) литологическому составу водоносного пласта; 2) повреждение фильтрационной сетки; 3) разгерметизация соединительных швов фильтра в случае не заводской сборки его элементов; 4) консолидация гравийной обсыпки фильтра при строительстве скважины в неустойчивых грунтах или грунтах с аномальным напорным давлением (пльвун); 5) нарушение герметичности сальникового соединения фильтра; 6) некачественное уплотнение при тампонировании затрубного пространства; 7) разрушение стыковых соединений обсадных труб и фильтра; 8) образование свищей в обсадных трубах из-за коррозии металла; 9) неисправность водозаборного устройства (ВЗУ) и его автоматического блока управления (АБУ); 10) образование трещин в цементной пробке башмака отстойника скважины.

Признаками ПП, основываясь на практике ведения РВР водозаборных скважин НО «Архимед», являются а) поступление количества песка из скважины на дневную поверхность более 0,01% от массы воды; б) изменение проектной отметки забоя скважины (наrost песчаной пробки внутри скважины); в) нарушение работы ВЗУ и АБУ.

Всякое ПП скважины приводит к отрицательным последствиям: 1) разрушению пласта-коллектора как в прифильтровой зоне, так и вдали от скважины (Наиболее интенсивно разрушается подкровельная часть пласта сформированная рыхлыми породами. Их сползание приводит к обрушению кровли пласта, нарушению герметичности заколонного пространства); 2) кольматации фильтровой зоны верхними слоями обрушенной кровли, возможно с глинистыми элементами, и последующим нарушением объема искусственного гравийного фильтра и закупоркой локальных каналов фильтрации; 3) снижению дебита скважины в виду уменьшения объема водоприемной части фильтра и его механической кольматации; 4) прихватыванию ВЗУ внутри скважины наростом песчаной пробки; 5) забиванию песком живого сечения колонны НКТ; 6) преждевременной замене запорной арматуры, ВЗУ, АБУ, НКТ.

Механизм процесса ПП при эксплуатации водозаборной скважины состоит в суффозии частиц песка из околоскважинной зоны через фильтрационный элемент во внутреннюю часть скважины. ПП из пласта частиц песка, глины и ила вызывает механическую кольматацию скважины. Если процесс суффозии происходит через фильтр, то песок заполняет отстойник, а затем фильтровую часть скважины до определенной высоты. Высота и плотность песчаной пробки бывают разные. Состав песчаной массы пробки формируется

мелкими, средними и крупными частицами породы пласта. Песчаная пробка нарушает эксплуатационные параметры скважины. Сначала она незначительно (20-40%) уменьшает дебит. После увеличения объема песка пробка перестает обеспечивать водопроницаемость.

В процессе жизненного цикла скважины ПП может происходить мгновенно, циклично или непрерывно. Песчаная пробка в скважине иногда накапливается стабильно медленно, т.е. непрерывно в течение длительного времени. Порой может образоваться, катастрофически быстро. В случае закупорки скважины песком эксплуатация ее прекращается и ей требуется капитальный ремонт. При назначении технологических операций по капитальному ремонту скважин (КРС) из-за пескования в системе «пласт – скважина» необходимо выделять следующие элементы этой системы: а) околоскважинная зона, б) внутренняя часть скважины, в) колонна НКТ, требующих восстановления.

Алгоритм операций КРС: 1) удаление песчаной пробки из ствола скважины; 2) нахождение участка пескования; 3) назначение методов восстановления работоспособности скважины. Удаление песчаной пробки из ствола скважины ведется с помощью желонирования, эрлифта или гидродинамического размыва. Нахождение участка пескования скважины производится камерами видеонаблюдения. По назначению методов восстановления работоспособности скважины имеется несколько технических решений (ТР). Первым ТР является применение герметизирующего оборудования, эластичной ткани и герметиков для заделки участков пескования в фильтре, обсадной трубе, отстойнике, сальнике, колонне НКТ. При невозможности применения герметизации в пескующем фильтре скважины рассматриваются другие варианты ТР: 1. Формирование внутри пескующего фильтра гравийной обсыпки с гидравлической трамбовкой (метод осуществим при напорном горизонте и возможности отклонения дебита ниже проектного); 2. Установка внутри пескующего фильтра нового фильтра меньшего диаметра; 3. Замена старого фильтра на новый. Во всех примененных технических решениях жизненный цикл скважины, имеющих ранее ПП, будет уменьшен. Восстановление проектного (или близкого значения) дебита таких скважин с ущемленным жизненным циклом возможно профилактическими работами по активизации околоскважинной фильтрационно-коллекторной зоны инновационными методами, приведенных в работах [1-4]. Рекомендуемые меры по предотвращению ПП: 1. Проводить техническое обслуживание (плановое и профилактическое) скважины; 2. Контролировать удельный дебит скважины с допуском снижением до 25%; 3. Не производить замену насоса, производительность которого выше проектной; 4. Не устанавливать насос ниже расчетной глубины указанной в проекте, например, в зоне фильтра; 5. Содержать автоматический блок управления насоса в исправном состоянии.

Таким образом, анализ причины ПП водозаборных скважин позволил дать алгоритм процесса механизации и выработать рекомендации по предотвращению явления пескования с использованием инновационных методов.

Литература

1. Башкатов А.Д. Предупреждение пескования скважин. – М.: Недра, 1991. – 176 с.
2. Богданов Н.И. Эксплуатация и ремонт скважин: курс лекций. – Новочеркасск: НИМИ, ДГАУ, 2014. – 46 с.
3. Цымбалов А.А. Моделирование закольматированных водопропускных грунтовых сред: особенности и условия развития // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. – Магнитогорск: Изд-во МГТУ, 2015. – С. 133-138.
4. Tsymbalov A.A. Role of seismohydrogeologic effects in solution of problems on borehole area dekolmatation: Predestruction and destruction. Part I // Seismological Conference (TASECO-2016). – Tashkent: Muxammad poligraf, 2016. – P. 599-606.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КРЕПИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ НА РУДНИКЕ «ОКТЯБРЬСКИЙ» ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»

Несмотряев В.И., Юкаев А.С.

vladimiresmotryaev@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Одним из основных факторов, характеризующих условия ведения горных работ на рудниках ОАО «ГМК «Норильский никель», является повышенная нарушенность пород и руд на вскрываемых участках шахтных полей с увеличением глубины разработки. Прежде всего, это обусловлено интенсивностью тектонической нарушенности породного массива.

С учётом непростых горно-геологических условий для упрочнения массива горных пород и повышения устойчивости обнажений на руднике значительные объёмы по проходке горизонтальных выработок выполняются с использованием крепи. Основным видом крепи являются железобетонные анкеры или их сочетание с набрызгбетоном.

Эти виды крепи успешно выполняют грузонесущие функции, обеспечивают необходимую безопасность работ, улучшают условия проветривания выработок, снижают затраты на их крепление и поддержание в период эксплуатации, позволяют легко механизировать процесс ее возведения.

Железобетонный анкер состоит из стержня круглого или периодического профиля, который закрепляется в шпуре цементно-песчаным раствором. Для приготовления раствора применяют быстротсхватывающиеся цементы марки М400 – М600. Комплект оборудования ПН-1 состоит из трех контейнеров для транспортирования сухой смеси и пневмонагнетателя, который служит для приготовления смеси и подачи готового раствора сжатым воздухом под давлением до 0,5 МПа в шпур. Оборудование ПН-1 смонтировано на самоходной подземной установке «NORMET» марки Utilift-807. Смесь загружают в бак пневмонагнетателя, где она перемешивается винтовыми лопастями и по резиновому шлангу подводится к трубе длиной 1 м, которая вводится в шпур. Железобетонные анкеры, установленные с помощью комплекса ПН-1, приобретают несущую способность до 50 кН через 3,5 часа после их возведения. Бурение шпуров под анкеры производится широко применяемой на руднике самоходной гидравлической бурильной установкой Rocket Boomer 282 с перфораторами COP 1838.

По грузонесущей способности анкера при его длине 1,8 м рассчитана и принята сетка штангования 1×1 м. В условиях рудника железобетонные анкеры применяются преимущественно в сочетании с набрызгбетоном. Он наносится непосредственно по анкерам или по арматурной сетке, которая удерживается на поверхности выработки анкерами.

Для нанесения набрызгбетонного покрытия применяется самоходная установка Spraymec 1050W на пневмоколесном ходу с дизельным приводом вкуче с машиной для перевозки готовой бетонной смеси на пневмоколесном ходу с дизельным приводом Utimec 1500 Transmixer.

Марка применяемого цемента 400-500, песок с крупностью зерен не более 3,6 мм. Оптимальный состав раствора согласно проведенным исследованиям (цемент : песок) – 1:1, водо-цементное отношение – 0,45. Для ускорения схватывания и твердения добавляется хлористый кальций в количестве до 3% от веса цемента.

В перспективе было бы целесообразным применение технологии возведения анкерной и комбинированной крепи с использованием специальной установки, разработанной шведской фирмой AtlasCopco, которая в полуавтоматическом режиме дистанционно управляемыми манипуляторами поднимает арматурную сетку, прижимает её к поверхности выработки, бурит шпур, устанавливает трубчатые анкеры с использованием воды под большим давлением.

Рассмотренные конструкции крепи показали себя как наиболее эффективные в условиях рудника «Октябрьский».

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Иудин М.М.

mmi_52@mail.ru, Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Россия

Напряженно-деформированное состояние многолетнемерзлого массива горных пород следующими факторами: условиями формирования температурного режима горных пород в процессе длительного времени промерзания породного массива под влиянием ледникового периода; условиями гравитационного воздействия на естественное поле напряжений в массиве горных пород; условиями изменения физико-механических свойств горных пород.

В современных условиях интенсивность развития горных и геологоразведочных работ на месторождении полезных ископаемых создает техногенный фактор изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород, который необходимо учитывать при оценке начального напряженного поля при проведении горно-разведочной выработки.

Например, при оценке сложности горно-геологических условий рудных месторождений необходимо учитывать геомеханические, геокриологические, геодинамические, гидрогеологические и геоструктурные условия [1].

Влияние геокриологических условий (температура, льдистость, влажность горных пород, мощность мерзлоты) на устойчивость горных пород вокруг горно-разведочных выработок оценивается с учетом воздействия на термомеханические процессы в породном массиве. Геомеханические особенности при влиянии геокриологических условий учитываются температурной зависимостью упругих, деформационных и прочностных свойств горных пород. Тепловые процессы, происходящие в многолетнемерзлом массиве горных пород, значительно меняют геомеханические условия формирования напряженно-деформированное состояние вокруг породного обнажения горной выработки. Прежде всего, из-за температурной зависимости свойств горных пород. Но сильнее всего тепловые процессы изменяют механическое состояние самих горных пород: формируются условия перехода горных пород из одного в другое механическое состояние, что усложняет прогноз геомеханических процессов, формирующихся вокруг горно-разведочных выработок [2, 3, 4].

На основе результатов многолетних исследований по тепловому и механическому взаимодействию горных пород с крепью вертикального ствола получены надежные зависимости, которые максимально учитывают особенности протекания термомеханических процессов в мерзлых породах вокруг вертикальных выработок. Методы расчета параметров взаимодействия крепи вертикальных выработок основываются на необходимости учета влияния изменения физико-механических свойств горных пород под воздействием тепловых процессов на механизм деформирования конструкции крепи. Данное положение позволило разработать расчетные схемы взаимодействия крепи вертикального ствола с оттаивающим мерзлым массивом горных пород, их зависимости для расчета нагрузок на крепь и выявить основные факторы, влияющие на обеспечение устойчивости крепи выработки.

В районе забоя горно-разведочной выработки при ее проведении формируется сложное начальное напряженное состояние, которое характеризуется неоднородностью распределения нормальных и касательных напряжений. В этих условиях бурение шпуров и скважин является задачей, когда оптимальные параметры шпуров будут определяться и влиянием напряженного состояния массива горных пород вокруг забоя выработки.

При проведении горно-разведочной выработки напряженно-деформированное состояние массива горных пород будет определяться вышерассмотренными факторами. Гравитационная сила, действующая в массиве, обуславливается силой тяжести горных пород.

Если массив представлен однородными по плотности горными породами, тогда нормальные составляющие напряженного состояния от собственного веса горных пород будут рассчитываться [2]:

$$\sigma_z^o = \gamma H,$$
$$\sigma_x^o = \sigma_y^o = \lambda \gamma H.$$

где γ – плотность горных пород; H – глубина на которой проводится выработка; λ – коэффициент бокового распора.

Влияние остальных факторов (температурной зависимости свойств горных пород, техногенное изменение напряженного состояния, геодинамические, гидрогеологические и геоструктурные факторы), определяющих естественное напряженное состояние породного массива, можно учесть поправочными коэффициентами к гравитационной составляющей напряжений. Это отдельная задача, требующая проведения исследований. Часть факторов рассмотрена в работах [2, 3, 4].

Учитывая вышесказанное, рассмотрим НДС массива многолетнемерзлых горных пород в зоне естественного распределения температурного поля вокруг горной выработки. Будем считать, что действуют две силы, влияющие на НДС массива: гравитационная сила, обусловленная силой тяжести вышележащих горных пород, и температурные напряжения, обусловленные изменением естественного температурного поля горных пород. Если рассматривать НДС массива только от гравитационной силы, то концентрация напряжений на контуре породного обнажения появляется с образованием полости (выработки) в породах. Тепловое воздействие вентиляционного воздуха на естественный температурный режим мерзлых пород вызывает появление температурных напряжений в массиве от температурной зависимости физико-механических свойств и температурного расширения горных пород, что увеличивает или снижает общую концентрацию напряжений на контуре в зависимости от времени проведения выработки и носит сезонный, циклический характер. При проведении в холодный период времени, когда температура воздуха в выработке бывает значительно ниже естественной температуры пород, породное обнажение переохлаждается и это вызывает увеличение концентрации напряжений. Если выработка проводится в летний период, когда в ствол поступает вентиляционный воздух с положительной температурой, то вокруг выработки происходит процесс протаивания мерзлых горных пород. Это приводит к качественно новому перераспределению НДС по контуру выработки, обусловленной изменением геомеханической ситуации вследствие температурной зависимости физико-механических свойств мерзлых пород, особенно при переходе их в талое состояние. Термомеханические процессы в зависимости от сезона года периодически меняются, особенно при длительной эксплуатации выработки.

Литература

1. Иудин М.М. Оценка сложности горно-геологических условий рудных месторождений Севера // Вестник Якутского государственного университета. – Якутск: ЯГУ, 2008. – Т. 5. – № 3. – С. 10-17.
2. Иудин М.М. Напряженное состояние массива многолетнемерзлых горных пород // Отечественная геология – 2011. – № 6. – С. 72-76.
3. Иудин М.М. Напряженное состояние массива горных пород с учетом зоны протаивания и пластических деформаций // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 12. – С. 54-56.
4. Иудин М.М. Прогноз напряженного состояния массива мерзлых горных пород вокруг горноразведочной выработки с учетом пластических деформаций // Разведка и охрана недр. – 2015. – № 11. – С. 34 – 35.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИБРОАРМАТУРЫ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ ГРУНТОВ МЕТОДОМ ГИДРОСТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ

Волкова О.А., Иляхин С.В.

o.volkova@gorkapstroy.ru, ООО ГорКапСтрой (Москва, Россия)
isv11@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

В процессе закрепления массива грунта или горной породы методом гидроструйной цементации необходимо получать прочность закрепляемой зоны, соответствующую проектным величинам. В настоящее время изучены зависимости прочности получаемого материала (грунтобетона) от расхода цемента, типа закрепляемого грунта (супесь, песок, суглинки, глина, техногенные образования), действия органических и неорганических добавок, давления водоцементной смеси, диаметра струеформирующих насадок, скорости подъема буровой колонны, частоты вращения буровой колонны. На практике возникает потребность в применении локального закрепления зон концентрации деформаций. При проходке горной выработки (тоннеля) прямоугольного сечения закрепляемой областью будут углы выработки. При этом прочность в углах выработки должна быть гарантирована выше прочности основного массива.

Для решения этой задачи были проведены лабораторные исследования влияния фиброарматуры различного состава на прочность получаемого материала. Использовались следующие виды фибры: полипропиленовая, базальтовая, стальная и стекловолокно.

Полипропиленовая фибра в бетоне служит для предотвращения появления трещин как на этапе усадки, так и в дальнейшем, делая бетон долговечным и ударопрочным, сохраняя все качественные характеристики бетонных изделий. При введении в бетон снижается проницаемость бетона и водопоглощение – вода, грязь и химические вещества впитываются значительно медленнее, увеличивается морозостойкость бетона, прочность бетона на изгиб. Применение полипропиленовых строительных микроармирующих волокон обеспечивает устойчивость к образованию микротрещин на всех стадиях: повышает способность бетона к деформации без разрушения в критический период 2-6 часов после укладки. На более позднем этапе, когда бетон затвердел и начинает давать усадку, полипропиленовые волокна соединяют края трещин, снижая, таким образом, риск разлома. Применение полипропиленовой фибры позволяет уменьшать выделение воды посредством эффективного контроля гидратации, тем самым снижая внутренние нагрузки.

Базальтовая фибра повышает трещиностойкость в 3 раза, прочность на раскалывание – в 2 раза, ударную прочность – в 5 раз, что даёт возможность эффективно использовать её при возведении сейсмостойких сооружений, взрывобезопасных объектов и военных укреплений.

В случае армирования бетона **стальной фиброй** достаточно просто решаются вопросы обеспечения ее равномерного распределения в бетоне, что значительно сложнее, например, для стеклофибры. Так как модуль упругости стальной фибры в 5-6 раз превышает модуль упругости бетона, то при достаточном количестве фибры в бетоне может быть полностью использована прочность и получен наибольший вклад фибры в работу композита в стадиях до и после образования трещин.

Бетон с добавлением армирующего **стекловолокна** не только рентабелен и удобен в применении, но также имеет значительно более качественную поверхность в затвердевшем состоянии и обладает более высокими прочностными характеристиками, в том числе и повышенной ударопрочностью.

После испытания образцов грунтобетона с разными видами фиброарматур была получена прочность на одноосное сжатие в пределах от 28,40 кН до 50,50 кН. Это говорит о возможности применения такого вида добавок в состав цементной смеси. Исходя из стоимости и качества получаемого материала, можно рекомендовать использование в качестве добавки стекловолокно.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Экомасов С.П., Шендеров В.И., Подмарков О.В.

itsys@rambler.ru, НОЦ «МГРИ-РГГРУ – ООО «СИС», Москва, Россия

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 нагрузки;
- 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 ко-

личественной 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.

С целью реализации предлагаемой методики оценки сейсмической эффективности импульсных источников был разработан стенд. Масса железобетонного блока равнялась 3,5 т, а площадь его основания – 3 м². В процессе испытаний источников напряжения в плотных глинах, на которых был установлен блок, не превышали предела упругости грунта. Датчик параметров удара представляет собой гидроцилиндр, жёсткость которого значительно меньше жёсткости грунтового основания.

При фиксированной высоте датчика (столба технического масла) внутренний диаметр гидроцилиндра определяется по формуле:

$$d = \sqrt{\chi N h / \Delta l \pi},$$

где d – внутренний диаметр гидроцилиндра; χ – сжимаемость масла; N – расчётная сила удара; h – высота столба масла в гидроцилиндре; Δl – упругая деформация столба масла при ударе, принимается равной 0,005 м.

Результаты опытных работ, свидетельствуют об однозначном влиянии рассматриваемых характеристик силового импульса на параметры сейсмических сигналов, зарегистрированных на контакте рабочий инструмент источника – среда. Увеличение максимального усилия в силовом импульсе приводит к повышению амплитуды сигнала, а увеличение времени нарастания усилия в импульсе – к снижению преобладающей частоты спектра сигнала. Результаты измерения параметров сейсмического сигнала на нижней границе зоны малых скоростей подтверждает известные закономерности влияния ЗМС на параметры упругих волн. Так, более высокая степень снижения амплитуды сигнала, зарегистрированного на нижней границе ЗМС при работе бензино-воздушного молота, определяется обогащением спектра сигнала высокочастотными составляющими, которые в большей степени поглощаются рыхлыми отложениями.

Установленные экспериментальными исследованиями общие закономерности влияния характеристик силового импульса на параметры сейсмических волн подтверждаются практикой промышленного использования газодинамических источников колебаний и установок «падающий груз». Более высокая частота колебаний, генерируемых газодинамическими источниками, определяется меньшим временем нарастания усилия в импульсе, генерируемым на границе гильзы взрывной камеры – грунт. Сказанное выше свидетельствует о правомерности рекомендации величин максимального усилия в импульсе, генерируемом на контакте рабочий инструмент источника – упруго-деформируемая преграда установленной жёсткости, и времени нарастания этого усилия в качестве критериев сейсмической эффективности импульсных источников сейсмических колебаний.

Таким образом, в качестве критериев сейсмической эффективности импульсных источников сейсмических колебаний могут быть приняты характеристики силового импульса, генерируемого рабочим органом машины. Максимальное усилие в импульсе и время нарастания этого усилия в наибольшей степени определяют характер влияния конструкции рабочего органа источника и режима его работы на параметры сейсмических волн. Определение характеристик силового импульса должно производиться в идентичных условиях, реализуемых при воздействии рабочего инструмента источника на упруго-деформируемую преграду установленной жёсткости. Жёсткость датчика параметров удара, выполняющего роль нагружения среды, должна быть значительно ниже жёсткости основания, на котором устанавливается недеформируемый фундамент датчика.

Литература

1. Фонберштейн Е. Г., Экомасов С. П. Импульсные газодинамические машины для горных и геологоразведочных работ. М.: «Недра», 1994, 224 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

S-I. СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, СТРАТИГРАФИИ, ТЕКТониКИ И ГЕОДИНАМИКИ

Верзилин Н.Н. ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ КАК СЛЕДСТВИЕ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ	6
Караулов В.Б. К ВОПРОСУ О ТЕКТОНИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА АРКТИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА	8
Кочемасов Г.Г. ГЛОБАЛЬНЫЕ БАЗАЛЬТОВЫЕ ИЗЛИЯНИЯ НА ПЛАНЕТАХ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ И ЛУНЕ – ВАРИАЦИИ ПО ВРЕМЕНИ И СОСТАВУ	10
Михеева А.В. ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА GIS-ENDDV И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБИННОЙ ТЕКТониКИ	12
Перепечко Ю.В., Сорокин К.Э., Шарапов В.Н., Михеева А.В. ДИНАМИКА КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ПРОНИЦАЕМЫХ ЧАСТЯХ СЕЙСМОФОКАЛЬНЫХ ЗОН КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА И СОПРЯЖЕННЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ДУГ	14
Полин В.Ф., Аксёнов С.В., Разумный А.В., Ханчук А.И., Волков Е.В. ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДВУСТАДИЙНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАЙНИЦКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ (КОРЯКСКОЕ НАГОРЬЕ), ПО ДАННЫМ ПЕТРОГЕОХИМИИ И U-РЬ ДАТИРОВАНИЯ; РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОЗРАСТА ЗОЛОТОСУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ КОРЯКСКОГО ХРЕБТА.....	16
Портнов А.М. ПОТЕПЛЕНИЕ НА МАРСЕ	18
Садовников Г.Н., Комаров В.Н. ЭКОЗОНЫ ТРИАСА И ЮРЫ ХРЕБТА ЭЛЬБУРС (ИРАН).....	20
Шалаева Е.А., Соколов С.А., Трифонов В.Г. СТРАТИГРАФИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ШИРАКСКОЙ ВПАДИНЫ (С-З АРМЕНИЯ).....	22
Болтабоев Ж.М., Инояттов Ж.Н. РОЛЬ ЭВОЛЮЦИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УРАНОВЫХ ОРУДЕНЕНИЙ (на примере Центрального Кызылкума).....	24
Колганов Д.Н. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА ДИВНОГОРЬЕ 9.....	26
Оленева Н.В. ФАЦИИ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СПИРИФЕРИД ФАМЕНСКОГО ЯРУСА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	28
Балуев А.С., Морозов Ю.А., Терехов Е.Н. СТРУКТУРА И ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОБЛАСТИ СОЧЛЕНЕНИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КРАТОНА И ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	30
Карпузов А.Ф. РОЛЬ И МЕСТО РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТ В СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ХОЛДИНГА «РОСГЕОЛОГИЯ» НА СРЕДНЕСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ	32
Мележ Т.А. ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭРОЗИОННОГО РЕЛЬЕФА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВРЕМЕННЫХ ВОДНЫХ ПОТОКОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ГОМЕЛЯ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ).....	34
Мележ Т.А. АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕЧНОЙ ДОЛИНЫ РЕКИ СОЖ (НА ПРИМЕРЕ ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРОДА ГОМЕЛЯ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ).....	36
Брагин Н.Ю., Брагина Л.Г. РАДИОЛЯРИИ АЛЬБА-ТУРОНА В БЛОКАХ КРЕМНИСТЫХ ПОРОД ФОРМАЦИИ МОНИ (ЮЖНЫЙ КИПР).....	38
Брагина Л.Г. РАЗВИТИЕ РАДИОЛЯРИЙ В ПОЗДНЕМ АЛЬБЕ–ТУРОНЕ.....	40
Бямба Ж., Хурэлшагай А.Д. ОБЩИЕ ЧЕРТЫ ГЕОДИНАМИКИ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ МОНГОЛИИ	42
Стельмах А.Г. МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ РЕПЕРЫ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЧИРЧИК-АХАНГАРАНСКОГО БАССЕЙНА.....	44

Яшунский Ю.В., Новиков И.А., Быстров И.Г., Гришин С.В. АУТИГЕННЫЕ КАЛИЕВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАРБОНА БЛИЖАЙШЕГО ПОДМОСКОВЬЯ	46
Маленкина С.Ю. НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСЧЛЕНЕНИЮ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕПЛОСТАНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (МОСКВА)	48
Погребс Н.А. НОВЫЕ ОБЪЕКТЫ ПОДМОСКОВНОЙ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ	50
Школин А.А., Маленкина С.Ю. НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СТРАТИГРАФИИ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕЙ-ВЕРХНЕЙ ЮРЫ (БАЙОС-БАТ, КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРД) В РАЗРЕЗАХ г. МОСКВЫ И ПОДМОСКОВЬЯ.....	52
Карпузова Н.У., Арсеньев Б.П. СЕРИЙНАЯ ЛЕГЕНДА – БАЗОВАЯ ОСНОВА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ	54
Куликов В.С., Куликова В.В. НОВАЯ ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА ДОКЕМБРИЯ ЮВ ФЕННОСКАНДИИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ОБЗОРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ	56
Куликова В.В., Куликов В.С. НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ СОВРЕМЕННОЙ ГРАНИЦЫ ФЕННОСАНДИНАВСКОГО ЩИТА И РУССКОЙ ПЛИТЫ	58
Наравас А.К., Погребс Н.А. ОРИЕНТИРОВКА ТРЕЦИН В ИЗВЕСТНЯКАХ ПОДМОСКОВЬЯ	60
Аль-Гурейри А.Я. СТРАТИГРАФИЯ ПАЛЕОЗОЙСКИХ И МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ И ЮЖНОЙ ИРАКСКОЙ ПУСТЫНИ	61
Корсаков А.К., Межеловская С.В., Межеловский А.Д., Иванова Н.Д. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТА КОЛМОГОРОВА-СМИРНОВА (K-S TEST) ПРИ АНАЛИЗЕ ВОЗРАСТОВ ОБЛОМОЧНЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ МЕТАОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ПЕЧЕНГА-ИМАНДРА-ВАРЗУГСКОЙ СТРУКТУРЫ И ВЕТРЕННОГО ПОЯСА.	63
Корсаков А.К., Межеловский А.Д., Межеловская С.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕТРЕННОГО ПЕЧЕНГА-ВАРЗУГСКОГО ПОЯСОВ (БАЛТИЙСКИЙ ЩИТ).....	65
Корсаков А.К., Межеловская С.В., Межеловский А.Д., Иванова Н.Д. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb ИЗОТОПНОГО ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ КАЛГАЧИНСКОЙ СВИТЫ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА (БАЛТИЙСКИЙ ЩИТ).....	67
Васильев Н.Ю., Межеловская С.В., Корсаков А.К., Межеловский А.Д. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В РАЗВИТИИ НАДВИГОВОЙ СТРУКТУРЫ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА (ЮГО – ВОСТОК ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА).....	69
Вишневская В.С. ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКАЯ ЗОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПО ИЗВЕСТКОВЫМ ДИНОЦИСТАМ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В БОРЕАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ.....	71
Смолькин В.Ф. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ: ОТ ЗАРОЖДЕНИЯ ДО СОВРЕМЕННОСТИ.....	73
Туров А.В., Агафонова Г.В., Андрухович А.О. РИФОГЕННЫЕ ИЗВЕСТНЯКИ В ПОГРАНИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮРЫ И МЕЛА РАЗРЕЗА Р. ТОНАС (ГОРНЫЙ КРЫМ).....	74
Мигурский Ф.А., Якупова Е.М. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ НОВЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ПРЕДВЕРХОЯНСКОГО ПЕРИКРАТОННОГО ПРОГИБА.	76
Имомназаров Х.Х., Коробов П.В. ВЛИЯНИЕ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В СООТНОШЕНИИ ДЕФОРМАЦИИ-НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ОДНОЙ МОДЕЛИ НАСЫЩЕННОЙ МИНЕАРИЛИЗОВАННОЙ ЖИДКОСТЬЮ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ	78
Журавлёв А.Н., Носова А.А., Третьяков А.А. НОВЫЙ МАГМАТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ВОЗВЫШЕННОСТИ КИРЯКА-ТАС (ВОСТОЧНЫЙ ТАЙМЫР).....	79

S-II. СЕКЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ И ПРОБЛЕМ УГЛЯ, НЕФТИ И ГАЗА

Агафонова Г.В., Дернова Е.О. ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ (САЛЫМСКИЙ ТИП РАЗРЕЗА)	82
Алексеев В.П., Амон Э.О. «ЗОЛОТЫЕ ГВОЗДИ» ЭНДОЛИТОЛОГИИ	84
Иванов Ю.А., Клавдиева Н.В., Фомин А.С., Анохина Т.В., Горохов И.Н., Оленева Н.В., Черных Е.М. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОНД КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА – ОТ КЕРНОХРАНИЛИЩА К ЦЕНТРУ ХРАНЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА	86
Леоненко Г.Н., Леоненко Е.В. ВЛИЯНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ПРОГРЕВА И ПОГРУЖЕНИЯ ПОРОД В ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ НА ИХ НЕФТЕГАЗОСНОСТЬ	88
Марсанова М.Р. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ НЕПСКО-ПЕЛЕДУЙСКОГО СВОДА И УНИКАЛЬНОЙ ПРОГНОЗНОЙ НЕФТЕГАЗОСНОСТИ ПОДФУНДАМЕНТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ.....	90
Нгуен М.Х., Горюнов Е.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ШЕЛЬФА ЮЖНОГО И СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВАМИ НЕФТЕГАЗОСНОСТИ ФУНДАМЕНТА	92
Никитин А.В. К ВОПРОСУ О ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА	94
Окнова Н.С., Отмас А.А. КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПАЛЕОЗОЙСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ	96
Стукалова И.Е., Лебедев В.С., Иванова А.В., Зайцева Л.Б. УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ В УГЛЯХ ДОНБАССА И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ СОСТАВА В ПРОЦЕССЕ МЕТАМОРФИЗМА.....	98
Хозяинов М.С., Чернокожев Д.А., Кузнецова К.И., Кузнецов М.И. ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА ПУТЕМ УЧЕТА КАНАЛОВ НИЗКОГО ФИЛЬТРАЦИОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНДИКАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	100
Хозяинов М.С., Кожевников Д.А., Якушина О.А. ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА КЕРНА НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН ПО ДАННЫМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ.....	102
Горюнов Е.Ю., Узембаева З.И. НЕФТЕГАЗОСНОСТЬ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	104
Рахимова Е.В., Ермолова Т.Е., Оленева Н.В. ПАЛЕОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ.....	106
Сбитнева Я.С. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УВ	108
Большакова Ю.А., Ростовщиков В.Б. ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОСНОСТИ ВНУТРЕННЕЙ ЗОНЫ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА	110
Маракова И.А., Ростовщиков В.Б. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И КРИТЕРИИ СОХРАННОСТИ ЗАЛЕЖЕЙ УВ В ПЕРМСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ	111
Юркова М.В. К ВОПРОСУ ПОЯВЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ В НЕФТЕНОСНЫХ ПОРОДАХ.....	113
Голынская Ф.А., Смирнова О.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ САМОВОЗГОРАЕМОСТИ УГЛЕЙ МЕТОДОМ МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ЭТАЛОННЫМ ТОЧКАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАНГОВОЙ МОДЕЛИ ДАННЫХ.....	115
Галимова Н.Р. РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ ЗОНЫ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ).....	117

Карнюшина Е.Е. МИОЦЕНОВАЯ МОЛАССАЮГО-ЗАПАДА АНАДЫРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА	119
Дойникова О.А. БИОГЕННАЯ ПРИРОДА ОБРАЗОВАНИЯ УРАНОВЫХ РУД В ПЕСЧАНИКАХ	121
Юферов И.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВСКРЫТИЯ ПЛАСТОВ МАТРИЧНОЙ НЕФТИ	123

S-III. СЕКЦИЯ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОГРАФИИ И ГЕОХИМИИ

Бискэ Н.С. УРАНОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ЧЕРНЫХ СЛАНЦАХ МОЛИБДЕН-ВАНАДИЕВОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ЛЕППЯСЮРЬЯ (СЕВЕРНОЕ ПРИЛАДОЖЬЕ)	126
Бычков Д.А., Борисов М.В., Пчелинцева Н.Ф., Ивлева Е.А. ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РВ-ZN РУДНЫХ ТЕЛ И ОКОЛОЖИЛЬНЫХ ПОРОД (ЖИЛА ГАЦИРОВСКАЯ, ВЕРХНЕЗГИДСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ)	128
Воробей С.С., Бовкун А.В., Гаранин В.К. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МАНТИЙНЫХ КСЕНОЛИТОВ ЗА СЧЕТ НАЛОЖЕННОГО МЕТАСОМАТОЗА НА ПРИМЕРЕ ТРУБОК МИР И ОБНАЖЕННАЯ (ЯКУТСКАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ)	130
Выдрич Д.Е. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АНОМАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МОЛИБДЕН-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ДЖЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА	132
Денисова Ю.В. ТЕРМОМЕТРИЯ ЦИРКОНА БАДЬЯЮСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)	134
Джеджея Г.Т. ПЕРВИЧНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСЧАНКА (ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА)	136
Залесская Т.А. СТРУКТУРЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИТОВ АТИХСКОГО КОМПЛЕКСА (МУРЗИНСКО-АДУЙСКИЙ МАССИВ, СРЕДНИЙ УРАЛ)	138
Зинчук Н.Н. СТРУКТУРНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ ПОРОД РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА	140
Карманов Е.Н., Утенков В.А., Моисеев А.В. НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ ПОРОД ТАЛЯИНСКОГО ГАББРО-ДОЛЕРИТОВОГО КОМПЛЕКСА УСТЬ-БЕЛЬСКОГО р-на КОРЯКИИ	142
Мамедов В.И., Макарова М.А., Оконов Е.А., Корреа Гомеш Ж., Чаусов А.А. МЕСТО И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ БЕМИТА В ЛАТЕРИТНЫХ ПОКРОВАХ И ЕГО ЗАМЕЩЕНИЕ ГИББСИТОМ (ГВИНЕЙСКАЯ РЕСПУБЛИКА)	144
Костина Е.Д., Магазина Л.О., Утенков В.А. СТРУКТУРЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИТОВ МУРЗИНСКОГО КОМПЛЕКСА (СРЕДНИЙ УРАЛ, РЕЖЕВСКОЙ КАРЬЕР)	146
Левин Д.М., Дедушенко С.К., Перфильев Ю.Д. ПРОГРАММА HAPPYSLOTН ДЛЯ АНАЛИЗА МЕССБАУЭРОВСКИХ СПЕКТРОВ МИНЕРАЛОВ	148
Сучков А.В. ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГРАНИТОИДОВ ДЖЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)	150
Ожогина Е.Г., Горбатова Е.А., Якушина О.А. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ	152
Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П., Барнов Н.Г., Букчина О.В. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОРУНДА НА ПРИМЕРЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ХИТОСТРОВ, СЕВ. КАРЕЛИЯ	154
Филимонова Л.Г. СЕРЕБРО РАССЕЯННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЛЕЙКОКРАТОВЫХ ИНТРУЗИЙ ДУКАТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ:	

К ВОПРОСУ МИГРАЦИИ МЕТАЛЛОВ В МАГМАТОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ РУДООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ.....	156
Юзбашова У.А. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ КВАРЦЕВЫХ ПОРФИРОВ ДАШКЕСАНСКОГО РАЙОНА	158
Зинчук Н.Н. СТРУКТУРНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ ПОРОД РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА	159
Федькин В.В., Лич М.Л., Щипанский А.А., Вализер П.М., Бюрлик Е.Д., Эрнст В.Г. СОСУЩЕСТВУЮЩИЕ ЗОНАЛЬНЫЕ ГРАНАТЫ И КЛИНОПИРОКСЕНЫ ИЗ МАФИТОВЫХ ЭКЛОГИТОВ МАКСЮТОВСКОГО КОМПЛЕКСА, ЮЖНЫЙ УРАЛ, РОССИЯ.....	161
Бочарникова Ю.И., Сивков Д., Боева Н.М. ТИПОМОРФНЫЙ ПРИЗНАК МОНТМОРИЛЛОНИТА, ОТВЕЧАЮЩИЙ ЗА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ БЕНТОНИТА ОСТРОВА САХАЛИН.....	163
Яковлев Е.Ю., Киселев Г.П., Дружинин С.В. ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УРАНА В КИМБЕРЛИТАХ, ВМЕЩАЮЩИХ И ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТРУБКИ КАРПИНСКОГО-1	165

S-IV. СЕКЦИЯ ГЕММОЛОГИИ

Бердичевский Е.Г. ЭСТЕТИКА ФРАКТАЛЬНЫХ ФАКТУР ПОВЕРХНОСТЕЙ НАТУРАЛЬНЫХ КАМНЕЙ.....	168
Гадиятов В.Г. СПАРТАК АХМЕТОВ, ГЕММОЛОГ, УЧЁНЫЙ, ПИСАТЕЛЬ	170
Миროнова Н.В., Брусов А.А. ПОДЕЛОЧНЫЕ СВОЙСТВА ШАЙТАНСКОГО ПЕРЕЛИВТА.....	171
Пахомова В.А., Федосеев Д.Г., Тишкина В.Б., Буравлева С.Ю., Карабцов А.А. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ	173
Петроченков Д.А. ШЕРЛОВА ГОРА – МЕСТОРОЖДЕНИЕ ОЛОВА С ЦВЕТНЫМИ КАМНЯМИ	175
Литвиненко А.К., Моисеева С.Б. ЮВЕЛИРНЫЕ АММОНИТЫ ДАГЕСТАНА МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА ЧЕРНОГОРСКОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР	179
Литвиненко А.К., Шарифи Д.Д. КАЧЕСТВЕННЫЕ КОНДИЦИИ РУБИНОВОГО КРИСТАЛЛОСЫРЬЯ С МЕСТОРОЖДЕНИЯ СНЕЖНОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР....	181
Тишкина В.Б., Пахомова В.А., Федосеев Д.Г., Карабцов А.А., Зарубина Н.В. ПРИЧИНЫ РАЗНООБРАЗИЯ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЛАГОРОДНЫХ ОПАЛОВ	183
Чукова Ю.П. НАКРАЮНАУЧНОГОЗНАНИЯ: ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ СРЕДИНОВЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ	185
Якушина О.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ В ГЕММОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ....	186
Ахвледиани И. ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ И ИХ ИМИТАЦИИ НА ОКЛАДАХ ДРЕВНЕГРУЗИНСКИХ ЕВАНГЕЛИЙ.....	188
Войтюк А.А. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ АУДИОЗАПИСИ В ДИЗАЙН ТЕКСТУРЫ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СУВЕНИРНОЙ ПРОДУКЦИИ	190
Терехов Е.Н. СТРУКТУРНЫЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ РАЗНОСТЕЙ КОРУНДА В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ	192
Шаймарданова А.Р. ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ АЛМАЗОВ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА	194
Сорокина Е.С. РУБИН И САПФИР: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МИНЕРАЛОГИИ ДРАГОЦЕННОГО КОРУНДА, ТИПАХ ЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ГЕНЕЗИСЕ.....	195
Портнов А.М. КИМБЕРЛИТЫ – ФЛЮИДИЗИТЫ МАНТИИ	197

Корчевская Ю.Г. ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕММОЛОГИЯ И МАГИЯ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ	199
Титков С.В. О ПРОИСХОЖДЕНИИ РОЗОВОЙ И ЛИЛОВОЙ ОКРАСКИ ПРИРОДНЫХ АЛМАЗОВ	201
Булах М.О. ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ УРАЛЬСКИХ АЛМАЗНЫХ РОССЫПЕЙ	203
Литвиненко А.К., Романова Е.И., Аёмбекова М.Д. ВНУТРЕННИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ЮВЕЛИРНОЙ ШПИНЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУХИЛАЛ	205
Николаев А.Г., Попов М.П., Сокерина Н.В., Исаенко С.И. ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ИЗУМРУДОВ С МАРИИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (УРАЛЬСКИЕ ИЗУМРУДНЫЕ КОПИ)	207
Ахметшин Э.А. ОБОГАЩЕНИЕ СЫРЬЯ ЮВЕЛИРНОГО БЕРИЛЛА МАЛЫШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ	208
Казьмина К.В, Ахметшин Э.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ ГРУППЫ КВАРЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ	210
Ахметшин Э.А., Филиппов В.В., Фурсова А.Н. ТИПИЗАЦИЯ БЛАГОРОДНЫХ МАТРИЧНЫХ ОПАЛОВ	212
Казьмина К.В, Ахметшин Э.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ ГРУППЫ КВАРЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ	214
 <i>S-V. СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ, ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ; МИНЕРАГЕНИИ</i>	
Васильев Н.Ю., Мострюков А.О., Петров В.А. ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЗВИТИИ ОБСТАНОВОК ЭНДОГЕННОГО РУДОГЕНЕЗА	218
Волков А.В., Прокофьев В.Ю., Сидоров А.А., Савва Н.Е., Колова Е.Е., Аристов В.В., Чижова И.А., Мурашов К.Ю. НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ. ВЫВОДЫ ДЛЯ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ	219
Злобина Т.М., Лексин А.Б., Котов А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРЯХСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ	221
Криволицкая Н.А., Толстых Н.Д., Кубракова И.В., Тютюнник О.А., Свирская Н.М., Кононкова Н.Н., Поспелова Л.Н., Нестеренко М.Р., Коршунов Д.М. НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛЬНОМ СОСТАВЕ РУД НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИИ	223
Лубкова Т.Н., Балыкова И.В., Шестакова Т.В., Яблонская Д.А. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВО ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСЧАНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРТАТИВНОГО РФА-ЭД АНАЛИЗАТОРА	225
Мансуров Р.Х. ШЛИХО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА	227
Мирусманов М.А. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ЮЖНОГО И ЮГО-ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ	229
Никифоров А.Г. МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГРАНАТОВЫХ РУД ПРОЯВЛЕНИЯ «ВЫСОТА-181» МЕТАМОРФОГЕННО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ И МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ	231
Николаев Ю.Н. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ БОЛЬШЕОБЪЕМНЫХ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОНАХ ЗАПАДНОЙ ЧУКОТКИ	233

Оникиенко Л.Д., Верчеба А.А. ОСАДОЧНО-ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОКРЕМНИСТЫХ И ЗОЛОТОУРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	235
Разиков О.Т., Мирходжаев Б.И., Усманиев Э.А. О ФАКТОРАХ РУДОЛОКАЛИЗАЦИИ РТУТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ – КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ	237
Разиков О.Т., Мирходжаев Б.И., Усманиев Э.А. РУДОНОСНОСТЬ МАГМАТИЧЕСКИХ И ОСАДОЧНО-МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА	239
Ручьев А.М. КАРЕЛЬСКИЙ ГРАНАТ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК СКАНДИЯ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИТРИЕВОЙ ГРУППЫ.....	241
Тангиров А.И., Урунов Б.Н., Исаходжаев Б.А. НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА РЕГИОНАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ ГОР БУКАНТАУ	243
Федосеев Д.Г., Пахомова В.А., Тишкина В.Б., Буравлева С.Ю. УСЛОВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РАЗНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕЕЛИТ-СУЛЬФИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОРДОННОЕ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ)	245
Шарафелдин Х.Э., Верчеба А.А. ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНЕ ЕГИПТА.....	247
Шарафелдин Х.Э., Верчеба А.А. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНИ ЕГИПТА	249
Шафиков Р.Д., Фаткуллин Э.А. О РЕЗУЛЬТАТАХ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА ЛОМОНТИТСОДЕРЖАЩИЕ ПОРОДЫ В АБЗЕЛИЛОВСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН.....	251
Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А. Кринов Д.И., Ковальчук Е.В., Магазина Л.О. ЖЕЛЕЗО-ОКСИДНО-ЗОЛОТО-МЕДНЫЕ С U И REE МЕСТОРОЖДЕНИЯ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РУДНОГО РАЙОНА.....	253
Аббасов Н.А. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ДАЕК И РУДНЫХ ТЕЛ В МИСХАНО-ЗАНГЕЗУРСКОЙ ЗОНЕ МАЛОГО КАВКАЗА	255
Аббасов Н.А. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЗОЛОТОНОСНОЕ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ДРУГИХ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ В МИСХАНО-ЗАНГЕЗУРСКОЙ ЗОНЕ МАЛОГО КАВКАЗА	257
Верчеба А.А., Пилипенко Г.Н. НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА	259
Макеев А.Б. МИНЕРАЛЫ СПУТНИКИ АЛМАЗА В ПИЖЕМСКОМ ТИТАНОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (СРЕДНИЙ ТИМАН)	261
Малютин С.А. ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНО-РИФТОГЕННЫЙ МАГМАТИЗМ С-З ЧИНГИЗА И ЕГО РУДОНОСНОСТЬ.....	263
Савчук Ю.С. ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ РАЙОНОВ В СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСАХ ЮЖНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ	265
Алексеев А.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТО-МЕДНО-ПОРФИРОВОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ТЫРСКОЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ).....	267
Дейнес Ю.Е., Филиппов М.М. ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ КУПОЛЬНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ МАКСОВИТОВ В ПРЕДЕЛАХ ХМЕЛЬОЗЕРСКОЙ СИНКЛИНАЛИ (КАРЕЛИЯ)	268
Мустафин С.К. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА КАРЛИН-ТИПА В НЕДРАХ СТРАН ШОС: СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ	270
Окулов А.В. ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ	272
Ходня М.С., Игнатов П.А., Зарипов Н.Р., Лисковая Л.В. ФЛЮИДИЗИТЫ НАКЫНСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ	274

Чеботарева О.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРА СОДЕРЖАНИЯ УСЛОВНОГО ИЛЬМЕНИТА ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ КОМПЛЕКСНЫХ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ.....	276
Чернова А.Д. ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИКЕЛЕВЫХ РУД И ИХ РОЛЬ В СТРУКТУРЕ МИРОВОЙ ДОБЫЧИ	278
Лаптева А.М. ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ВОЛЬФРАМА МИРА	280
Салаватов С.Ю. ЮЖНО-ФАЙЗУЛЛИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ МАРГАНЦЕВЫХ РУД И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ.....	282
Нгуен З.Х. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ СВИНЦОВО–ЦИНКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧОДОН – СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА	284
Душин В.А., Козьмин В.С., Малюгин А.А., Прокопчук Д.И. МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ СТРУКТУР УРАЛЬСКОГО СЕВЕРА	286
Ройзенман Ф.М. ТЕОРИЯ БОГАТОГО ФЛЮИДНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ «УГЛЕКИСЛОТНОЙ ВОЛНЫ»	288
Скрудите Р.А., Акифьева А.Д., Гиль В.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ	290

S-VI. СЕКЦИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ

Брюховецкий О.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН	294
Гонгальский Б.И., Мурашов К.Ю., Павлович Г.Д., Тимашков А.Н. ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РУДНОГО РАЙОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	296
Грохольская С.А. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО СБОРА ДАННЫХ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР	298
Каринский А.Д., Даев Д.С., Мазитова И.К. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ СОПРОТИВЛЕНИЙ	300
Каринский А.Д., Красносельских А.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ НОВОГО МЕТОДА – КАРОТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ	302
Какунина А.О., Романов В.В. ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПОЛЗНЕВОГО ТЕЛА	304
Любченко Ю. Ю. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ СТАНЦИЙ.....	306
Леденева В.С. РАЗНОВИДНОСТИ АЛГОРИТМОВ ДЕКОНВОЛЮЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ	307
Леденева В.С. ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА ПРИ КАРТИРОВАНИИ КАРСТОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. МОСКВЫ.....	309
Медведев А.А., Посеренин А.И. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТОКОВ ЛИТОСФЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА ПОРОД.....	311
Молдаков В.В., Романов В.В. О ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ НЕДОСТАТКАХ СЕЙСМОПРИЁМНИКОВ С ДВОЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ	313
Ним Ю.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПОЛЯРИЗУЮЩЕГОСЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПЛАСТА ПРИ ЕГО ВОЗБУЖДЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ДИПОЛЕМ.....	314
Оборнев И.Е., Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Родионов Е.А., Фельдман И.С. АППРОКСИМАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГЕОЭЛЕКТРИКИ ПОЛУЧАЕМОЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	316

Оборнев И.Е., Леушканова К.А, Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Фельдман И.С. РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПО 2 УЧАСТКАМ ГЕОТРАВЕРСА 2ДВ (ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ) НА ОСНОВЕ НС-ИНВЕРСИИ.....	318
Попов Е.Ю., Ромушкевич Р.А., Гурбатова И.П., Ноздрякова Е.А. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ МАТРИЦЫ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ДЛЯ БАССЕЙНОВОГО И ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	320
Посеренин А.И., Какунина А.О. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПОЛЗНЕВЫХ ТЕЛ.....	322
Медведев А.А., Романов В.В. СЕЙСМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОПОЛЗНЕВЫХ ТЕЛ....	324
Гула А.К. ОЦЕНКА ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ В СЛУЧАЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ, ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....	326
Смирнова О.В., Кузовенков А.Д. ПРИРОДА АНОМАЛИЙ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ КАК ИНДИКАТОРА АЛМАЗОНОСНОСТИ КИМБЕРЛИТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АНГОЛЫ).....	328
Пак Д.Ю., Каскатаева К.Б. ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ.....	330
Пак Д.Ю., Пак Ю.Н. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ПО АННИГИЛЯЦИОННОМУ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЮ.....	332
Комова А.Д., Петров А.В. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ОЦЕНКИ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ ВЕРХНЕЮРСКИХ НИЗКООМНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	334
Петров А.В. ИНТЕРПРЕТАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ГЛУБИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ «КОСКАД 3D».....	336

***S-VII. СЕКЦИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ И МАКРШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА***

Александрова Ю.В., Анистратов Ю.И. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	340
Норель Б.К., Азаренко В.А., Боровков Ю.А. ИНВАРИАНТЫ ГЛАВНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ РАЗРУШЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД И МАССИВА ПРИ ДЕЙСТВИИ ОБЪЕМНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ.....	341
Дронов А.Н., Величко Д.В. К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ ЗОН.....	343
Кузьмин М.Б., Красавин А.Г., Усова Т.Ю., Рыжова Л.П. О ПЕРСПЕКТИВАХ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ НЕДР ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ.....	345
Якшибаев Т.М., Боровков Ю.А. УСТАНОВЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЗОЛОТА ПО МОНИТОРИНГУ ШТАБЕЛЯ ПРИ ПОЛНОМ ЦИКЛЕ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТВАЛОВ КАРЬЕРА МУРУНТАУ.....	346
Байрамгулова Л.А. ТЕХНОЛОГИИ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	348
Терешин А.А., Болгов К.О., Асилова К.Е. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕПЕРОВ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ.....	350
Бадьянова Л.В. К ВОПРОСУ О МАРКШЕЙДЕРСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	352
Бунин Ж.В., Назаров З.С., Нутфуллаев Г. С., Шарипов Л.О. НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ШПУРОВЫХ ЗАРЯДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУМУЛЯТИВНОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ.....	354

Кологривко А.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДИРУЕМЫХ ГИДРОНАМЫВОМ СОЛЕОТХОДОВ УСОЛЬСКОГО КАЛИЙНОГО КОМБИНАТА.....	356
Кологривко А.А. ВЛИЯНИЕ СОСТАВОВ, ПРОЦЕССОВ ДЕГИДРАТАЦИИ И КОНСОЛИДАЦИИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СОЛЕОТХОДОВ	358
Боровков Ю.А., Рассказов С.А., Ивченко В.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР И ВЫПУСКНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗАЛЕЖЕЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ.....	359
Заиров Ш.Ш., Тухташев А.Б., Равшанова М.Х. УПРАВЛЕНИЕ РАЗВАЛОМ ПОРОД С УЧЕТОМ ЭНЕРГИИ ЗАРЯДОВ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ.....	361
Заиров Ш.Ш., Равшанова М.Х. РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ КЫЗЫЛКУМСКОГО РЕГИОНА	363
Мислибаев И.Т., Гиязов О.М., Солиев Б.З. ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩЕНИЯ МАССИВА КРЕПКИХ ПЕСЧАНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ РАСТВОРАМИ	365
Мислибаев И.Т., Гиязов О.М., Тухташев А.Б. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗОН ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЗРЫВОВ.....	367
Гаврилова В.К. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН	369
Шакуров Р.К. РУДОДОБЫТЧИКИ – ОДИНОЧКИ В ДОРЕВОЛЮЦИОННОМ УРАЛЕ.....	371
Рахаткулов Д.Х., Выстричил М.Г., Науменко Д.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ГРАФИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК.....	373

S-VIII. СЕКЦИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ, КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ РОССЫПНЫХ И МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Дробаденко В.П., Луконина О.А. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭЖЕКТОРНОГО ПОДЪЕМА С МОРСКИХ ГЛУБИН.....	376
Берсенева О.А. БАКТЕРИАЛЬНО-ХИМИЧЕСКОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ МЕТАЛЛОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ГЕОТЕХНОЛОГИИ.....	378
Бутов И.И., Дробаденко В.П. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ. НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	380
Буянов М.И., Доскенов Е.С., Маматалиев С.К. УСРЕДНЕНИЕ РУД ПРИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ	382
Вильмис А.Л. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКОВОДНОГО ПОДЪЕМА	384
Гайдин А.М. СКВАЖИННАЯ ДОБЫЧА РОССЫПЕЙ СПОСОБОМ ЗАМЕЩЕНИЯ.....	386
Дробаденко В.П., Вильмис А.Л., Луконина О.А. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ И ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ПОРОД.....	388
Ибрагимов А.С., Бакиев С.А. К ВОПРОСУ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ЙОДНЫМИ РАСТВОРАМИ	390
Калинин И.С., Журавлев А.С., Маматалиев С.К. СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БУРЕНИЯ СКВАЖИН ПРИ РАЗВЕДКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	392
Клочков Н.Н., Луконина О.А., Некоз К.С. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	394
Маркелов С.В. УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНОВЫХ РУД.....	396

Папичев В.И. ВЫБОР НАИЛУЧШЕЙ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ	398
Халимов И.У., Хакбердиев Ф.Х., Расулов А.Х. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОЛЬМАТАЖ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ	400
Семёнова К.М. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЯДЕРНО-МАГНИТНОЙ ТОМОГРАФИИ ПЛАСТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ	402
Семёнова К.М. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ ГАЗА НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ПЛОТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ РОССИИ.....	404
Серпуховитина Т.Ю. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ГОРНОРУДНЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ	406
Каширский А.С. КРУПНОМАСШТАБНОЕ ОПРОБЫВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖМК КАССЕТНЫМ ТРАЛОМ.....	408
Халимов И.У., Хакбердиев Ф.Х., Расулов А.Х. ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СКВАЖИНАМИ НА СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ	410

S-IX. СЕКЦИЯ МЕХАНИКИ, МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Башкуров А.Ю., Сынбулатов Б.Р. ОСВОЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ	414
Дегтерев А.Х. ПЕРСПЕКТИВЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПОСЛЕ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ ПО КЛИМАТУ	415
Завалишин Н.С. СТЕНДОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСА КОЛОННЫ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ.....	417
Завацки С., Куликов В.В. ГИБРИДНАЯ СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК.....	418
Исякаев А.Ю. ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК	420
Крылков М.Ю. АНАЛИЗ ОТРАБОТКИ АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	421
Куликов В.В. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО И ОБЪЁМНОГО НАСОСОВ.....	423
Куликов В.В., Фролова М.С. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН.....	425
Менькова Н.М. К РАСЧЁТУ КОРПУСОВ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ	427
Меркулов М.В. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	429
Ольсова К.Ю. ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДООТЛИВНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	430
Бабанова И.С. СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА.....	431
Драко М.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ.....	433
Касьянова А.Н. СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ В КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ С БИНАРНЫМ ЦИКЛОМ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	435

Ваничкина Т.В. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	437
Каримов Ш.В. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ.....	439
Насыров А.А. ТЕРМОКОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОШКАФОВ.....	441
Насыров А.А. ОТ ТЕРМОДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ К СМАРТ-ДВИГАТЕЛЮ.....	442
Перекрестов В.Е., Фахретдинов Л.И. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАВИТАЦИОННЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ В ГЕОЛОГИИ.....	443
Богданов И.А. ПОВЫШЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ГТУ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРИ ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	445
Лимитовский А.М. О ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ И РАБОТАХ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	447
Мурин А.С., Явуз Б.С., Ярмухаметов Р.Ш. ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	448
Харченко В.А. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	449
Ролдугин К.В. ИСПЫТАНИЕ РАБОТЫ ЧАСТОТНО РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ ПИТАЕМОГО ОТ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.....	451
Ролдугин К.В. ПЕРСПЕКТИВЫ В НАПРАВЛЕНИИ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	453
Бабырь К.В. ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	455
Лаврик А.Ю. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ОХЛАЖДЕНИЕМ.....	457
Максимов Н.А. ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	459
Сычев Ю.А., Абрамович Б.Н., Зимин Р.Ю. КОМПЕНСАЦИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ГИБРИДНЫМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ, ОСНОВАННЫМ НА АКТИВНОМ И ПАССИВНОМ ФИЛЬТРАХ, АДАПТИРОВАННЫМ К МНОГИНВЕРТОРНОМУ ЭЛЕКТРОПРИВОДУ.....	461
Веприков А.А. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	463
Пеленев Д.Н. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИНВАРИАНТНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-35 кВ.....	465
Лях Д.А. ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВЫСОКОАМПЕРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ.....	467

S-X. СЕКЦИЯ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНОГО ДЕЛА, ГИДРАВЛИКИ И ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Брагин П.А., Волков А.В., Иляхин С.В., Маслов И.Ю., Павленко С.В. РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЭМУЛЬСИОННОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЗАРЯЖАНИЯ ВЕЕРОВ ВОСХОДЯЩИХ СКВАЖИН ПРИ КАМЕРНОЙ ОТБОЙКЕ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОБЪЕКТАХ ВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ АК «АЛРОСА» (ПАО)	470
Брюховецкий О.С., Байрамгулова Л.А. ЭКОНОМИКА ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ШАХТАХ С РАЗДЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ КОМПОНЕНТОВ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ.....	472
Ганин И.П. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН.....	474
Ганин И.П. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ.....	476
Емельянов Р.В., Иляхин С.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОТБОЙКИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ СКВАЖИНАМИ С НРС	478
Несмотряев В.И., Юкаев А.С. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КРЕПИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ НА РУДНИКЕ «ОКТЯБРЬСКИЙ» ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»	480
Устанеко Г.Ю., Иляхин С.В. ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД.....	481
Зиннуров Р.А., Чернов А.Н. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВОДОПРИТОКА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА	483
Гусенов Д.В., Чубаров В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ПАТРОНОВ ДЛЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ПРИ СООРУЖЕНИИ СТАНЦИЙ МЕТРО.....	485
Цымбалов А.А. ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЬМАТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРАКТИКИ И НАБЛЮДЕНИЙ	486
Цымбалов А.А. РЕКОМЕНДАЦИИ В УСТРАНЕНИИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ПЕСКОВАНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН.....	488
Бушаров А.Д., Жилкин Е.М., Яшина В.И., Яшин В.П. АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА РУДНИКАХ ЗАПОЛЯРНОГО ФИЛИАЛА ПАО «ГМК "НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ"»	490
Цымбалов А.А. ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЬМАТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРАКТИКИ И НАБЛЮДЕНИЙ	492
Цымбалов А.А. РЕКОМЕНДАЦИИ В УСТРАНЕНИИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ПЕСКОВАНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН.....	494
Несмотряев В.И., Юкаев А.С. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КРЕПИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ НА РУДНИКЕ «ОКТЯБРЬСКИЙ» ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»	496
Иудин М.М. ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	497
Волкова О.А., Иляхин С.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИБРОАРМАТУРЫ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ ГРУНТОВ МЕТОДОМ ГИДРОСТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ.....	499
Экомасов С.П., Шендеров В.И., Подмарков О.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН	500

Научное издание

«Новые идеи в науках о Земле»

Материалы XIII Международной научно-практической конференции

(Москва, 5 – 7 апреля, 2017 г.)

Том 1

Подписано в печать 30.03.2017.
Формат 60x90/16. Усл. печ. л. 31,6
Тираж 100 экз. Заказ № 1.

Отпечатано в ФГБУ «ВНИГНИ»
117105, Москва, Варшавское шоссе, 8
Тел. (495) 952-21-57. E-mail: artur@geosys.ru