

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе
(МГРИ)



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
ТОМ V

XVI

Международной научно-практической конференции
«Новые идеи в науках о Земле»

XVI

International Scientific and Practical Conference
«NEW IDEAS IN EARTH SCIENCES»

6 - 7 апреля 2023 г. | April 6 - 7, 2023

Москва | Moscow

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

Новые идеи в науках о Земле: в 7 т. Материалы XVI Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле» (к 105-летию МГРИ) - М.: Издательство РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2023.

Т. 5 : Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле: : Геоэкология и безопасность жизнедеятельности, математическое моделирование и разведочная геофизика, геоинформатика, / ред. коллегия: Ю.П. Панов, Ю.В. Зворыкина. - М.: Издательство РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2023. - 478с.

ISBN 978-5-907594-16-6

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

ISBN 978-5-907594-16-6 (Том 5)
ISBN 978-5-907594-11-1

© РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2023

Оглавление:

Секция №14. Геоэкология и безопасность жизнедеятельности.	13
Геоэкологическое оценка факторов, формирующих структуру ландшафта на Абшеронском полуострове. Аббасова Г.Н. (Бакинский Государственный Университет gupnayaabbasova0022@gmail.com), Ибрагимли Е.Б. (Бакинский Государственный Университет elshadibraqim@gmail.com)	13
Экологические проблемы добычи нефти и газа на шельфе Каспийского моря. Абдуллаев Р.М.* (МГРИ, newgvinea10@mail.ru), Щерба В.А. (МГРИ, shcherba_va@mail.ru)	18
Щерба В.А., Воробьев К.А., Алеуметова Д.О. Экологические проблемы разработки месторождений нефти и газа на шельфе Каспийского моря // Геология, геоэкология, эволюционная география: Коллективная монография. Том XVII / Под ред. Е. М. Нестерова, В. А. Снытко. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2018. – С. 71-75. Летняя полевая практика – важный компонент образования при подготовке специалистов направления «Экология и природопользования». Абрамова Е.А.* (МГРИ, abramovaea@mail.ru), Савушкина Е.Ю. (МГРИ, savushkinaey@mgrid.ru), Щерба В.А. (МГРИ, shcherbava@mgrid.ru)	22
Восстановление нефтезагрязненных земель. Оценка результатов лабораторного эксперимента. Ахмадиев А.К.* (МГРИ, art696@mail.ru)	26
Эколого-экономическая оценка природных ресурсов, как фактор обеспечения стратегии устойчивого развития территории. Бажинова К.Д.* (МГРИ, bajinovakd@yandex.ru), Экзарьян В.Н. (МГРИ, vnezar@rambler.ru).....	30
Современные методы очистки сточных вод на побережье Чёрного моря. Баранова К.Р.* (МГРИ, minakorei@mail.ru)	35
Проект нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водный объект от очистных сооружений хозяйственно-бытовых стоков МУП г. Сочи «Водоканал». Проблема безопасности и экологии при добыче бокситов на месторождении Дебеле (Гвинея). Барри А.М.* (РУДН, alphabaryost95@gmail.com).....	40
Геоэкологические условия освоения Бованенковского месторождения. Баянова Е.А.* (МГРИ, bayanova-k@list.ru), Щерба В.А. (МГРИ, shcherba_va@mail.ru).....	44
Ребристая О. В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. – СПб: Изд-во СПб-ГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 312 с. Геохимические условия геосистем средней части Ахангаранского бассейна. Бекмухамедова М.Х. *(Университет геологический наук, bekmuhamedovamunisa@gmail.com), соавтор Шарипов Ш.М. (Национальный университет Узбекистана, shavkat.sharipov.1977mailru).....	49
Шукуров Ш.Р. Оценка влияния антропогенных процессов на геоэкологическое состояние долины реки Ахангаран. Диссертация. Тошкент 2011. Управление водным хозяйством: российский и зарубежный опыт. Белякова М. Д.* (МГРИ, maria.belyakova16@yandex.ru), Научный руководитель: Абрамова Е.А. (МГРИ, abramovaea@mgrid.ru).....	53
Экологическая оценка распределения тяжёлых металлов в полосе отвода железных дорог. Бычковский В.А.* (МГРИ, vladimir_mgrid@mail.ru),.....	58
Воздействие минеральных и органических удобрений на экосистему. Волков А.А.* (МГРИ, volkov199921@yandex.ru), Слэшёва А.В. (МГРИ, slashchevaav@mgrid.ru)	62

Воздействие Калининградского янтарного комбинат на акваторию Балтийского моря. Волкова А.Н.* (МГРИ, itsarinavolkova57@gmail.com), Научный руководитель Савушкина Е.Ю. (МГРИ, savushkinaey@mgi.ru).....	67
Геоэкологические проблемы освоения углеводородных ресурсов на шельфе Охотского моря. Гарманов С.А. (МГРИ, serzh.garmanov@yandex.ru), Щерба В.А. (МГРИ, shcherba_va@mail.ru)....	71
Практический опыт применения биоремедиационных технологий в России и за рубежом. Григоров Д.А.* (Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени С. Орджоникидзе, Volier555@mail.ru), соавтор Брылов Д.С. (Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени С. Орджоникидзе, brylovds@mgi.ru)	76
Экогеохимическое состояние ландшафтного заказника «Теплый Стан». Гусейнов А.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: amirnurgus@mail.ru), Шайхутдинова А.В.*Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: shajhutdinova.av@amuletm.ru), Слащёва А.В. Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: anna_slascheva@mail.ru)	80
Устойчивость городских ландшафтов (на примере города Тюмени). Гусейнов А.Н.* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: amirnurgus@mail.ru), Экзарьян В.Н. Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: vnekzar@rambler.ru), Слащёва А.В. Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: anna_slascheva@mail.ru)	83
Малые экологические компании и независимые лаборатории - решение экологических проблем Московского региона Гусейнов А.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: amirnurgus@mail.ru), Сергеева В.П.* (ООО «СПИЛЦ», (e-mail: lerasergeeva1505@mail.ru)	85
Сравнительная эколого-геохимическая характеристика районов Измайлово и Сокольники ВАО г. Москвы. Гусейнов А.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: amirnurgus@mail.ru), Хомич А.С.* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: khomich.nst@mail.ru)	88
Оценка экологических рисков на предприятиях нефтегазового комплекса. Долгополова О.Н.(МГРИ, e-mail: ondogopolova@mail.ru)	91
Безопасность в горнодобывающей промышленности: проблемы и решения. Заернюк В.М. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, zvm4651@mail.ru).....	96
Геоэкологические проблемы освоения сероводородсодержащих месторождений нефти и газа. Каледина М.В.* (МГРИ, kaledina01@list.ru), Щерба В.А. (МГРИ, shcherba_va@mail.ru)	101
Экологический аспект изучения нефтегазоносности палеозойских отложений северной части Республики Калмыкия. Карташов А.А. (ФГБУ ВНИГНИ, kartashovv@vnigni.ru), Левшунова С.П.* (ФГБУ ВНИГНИ, lev@vnigni.ru), Горлов Д.А. (ФГБУ ВНИГНИ, gorlov@vnigni.ru)	106
Совершенствование системы экологического мониторинга с использованием современных цифровых технологий. Киселёв Н.А.* (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», gasmassvs@gmail.com), Степанова М.В. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго	

Орджоникидзе», stepanovmv@mgru.ru), Федотова В.П. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», fedotovavp@mgru.ru) 110

Экологическое состояние реки Колосйоки и основные факторы воздействия . Кутейникова Д.М.* (МГРИ им. Серго Орджоникидзе, darya.kuteko@inbox.ru) , Хлебосолова О.А. (МГРИ им. Серго Орджоникидзе, o.hlebosolova@mail.ru) 115

Экологические проблемы реконструкции на примере объекта культурного наследия «Ансамбль Рогожской старообрядческой общины - Богадельня Бугровых, XIX в». Лапыкина А.А.* (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, lapukinaalina@gmail.com), Буфетова М.В. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, bufetovamv@mgru.ru)..... 120

Возможности использования стабильных изотопов в качестве индикаторов при изучении элементов водного баланса верховых болот на Северо-Западе России. Лизунова М.А.* (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, marigeo17@rambler.ru), Яковлев Е.Ю. (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, evgeny.yakovlev@fcicrctic.ru) 124

Оценка количественных показателей доступности зеленых насаждений для жителей отдельных муниципальных районов города Москвы. Мазаев А.В.* (ФГБОУ ВО МГРИ, mazaevav@mgru.ru), Рукавицын В.В. (ФГБОУ ВО МГРИ, rukavitsynvv@mgru.ru)..... 128

Изучение воздействия свиноводческого комплекса на атмосферный воздух. Марданова Н. Г.* (МГРИ, mardanova_nazira@mail.ru). Научный руководитель Савушкина Е.Ю. (МГРИ, savushkinaey@mgru.ru)..... 133

Влияние газораспределительных станций в Республике Крым на атмосферный воздух на примере ГРС «Холмовка» ГУП РК «Черноморнефтегаз» . Мельник А.А.* (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, melnikarina2002@mail.ru), Буфетова М.В. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, bufetovamv@mgru.ru) 138

Район интенсивной добычи сланцевых углеводородов (Оклахома, США); статистические взаимосвязи: разломы, нагнетательные скважины, землетрясения. Родкин М.В.* (ИТПЗ РАН, ИПНГ РАН, rodkin@mitp.ru), Прохорова Т.В. (ИТПЗ РАН, tatprokh@mitp.ru), Рукавишников Т.А. (ИТПЗ РАН, rukavishnikova_t@mail.ru)..... 141

Совершенствование системы экологического мониторинга на Галапагосских островах. Росеро Вальехо Мари Лурдес (МГРИ им. Серго Орджоникидзе, luurosv@gmail.com), Хлебосолова О.А. (МГРИ им. Серго Орджоникидзе, o.hlebosolova@mail.ru) 146

Вариации магнитного поля Земли, сопутствующие землетрясению в Кемеровской области 2013 года. Рябова С.А.* (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук, riabovasa@mail.ru),..... 150

Разработка системы контроля действий персонала с радиоактивными источниками излучения при калибровке геофизического оборудования. Садыкова А.Р.* (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» , alinka.99.sadykova@mail.ru). Научный руководитель: Щербакова Ксения Олеговна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, scherbakovak@mgru.ru), соавтор: Овезов Батыр Аннамхаммедович (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, vezovba@mgru.ru), Календарова Лейли Рустамовна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kalendarovalr@mgru.ru)..... 154

Исследования состава золы, образующейся при сжигании углей, для определения направлений её глубокой переработки. Сафронов О.А.* (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, gossurix33@gmail.com), Кунилова И.В. (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.Мельникова Российской академии наук, Kunilova_i@ipkonran.ru) 158

Разработка рекомендаций по реконструкции очистных сооружений для увеличения эффективности очистки сточных вод на МУП «Домодедовский водоканал». Сергеев И.С.* (МГРИ, ivan13622@mail.ru), Научный руководитель: Абрамова Е.А. (МГРИ, abramovaea@mail.ru)..... 161

Очистные сооружения: виды очистки сточных вод // vodproektstroy.ru: сайт водпроектстрой. 2021. URL: <https://vodproektstroy.ru/ochistnye-sooruzheniya/> (дата обращения: 10.02.2023) Вопросы дискуссионности о причинах изменения климата. Сидорская П.О.* (МГРИ, polina.sidor@mail.ru), 165

Природно-техногенные процессы в зоне Алабяно-Балтийского тоннеля. Смирнов И.Н. (ФГБОУ ВО Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет», don5igor@yandex.ru)..... 168

Разработка и широкомасштабное внедрение эффективной и экологически безопасной геотехнологии освоения крупного уранового района в криолитозоне. Солодов И.Н. (АО «Атомредметзолото», INSolodov@armz.ru) 172

Пластиковое загрязнение вод Мирового океана на примере Черного моря. Спирина В.А.* (РГГРУ, viktoriiia_spirina@bk.ru), научный консультант – Буфетова Марина Васильевна, к.г.н., доцент кафедры экологии и природопользования МГРИ..... 177

Отходы водоотведения объектов ж/д инфраструктуры как вторичный материальный ресурс для производства строительной продукции. Сучков Д.В.* (Санкт-Петербургский горный университет, suchkov_dv@pers.spmi.ru), Виноградова К.И. (Санкт-Петербургский горный университет), Дмитриева Д.В. (Санкт-Петербургский горный университет), Курганова С.М. (Санкт-Петербургский горный университет), Русских Е.А. (Санкт-Петербургский горный университет) 181

Анализ активизации грязевого вулкана Локбатан в 2022 году на программе SeisComp5. Тяхлятли Н.Э.* (Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАНА, ntehletli@gmail.com), соавтор Шихалиева М.Ш. (Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАНА), msixaliyeva@bk.ru) соавтор Мусаева Г.Э. (Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАНА, musayeva.gultekin@inbox.ru)..... 186

Изучение особенностей миграции радионуклидов из ураноносной зоны для создания радиоэкологических исследований при добыче урана. Тё В.С.* (ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО», tv_98@mail.ru), Турсунметов Р.А. (ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО», tv_98@mail.ru) 189

Содержание геоэкологии как междисциплинарной науки – новый взгляд и публикация. Трофимов В.Т. (МГУ имени М.В. Ломоносова, trofimov@rector.msu.ru), Харькина М.А. (МГУ имени М.В. Ломоносова, kharkina@mail.ru)..... 193

Оценки рисков формирования кислого стока геологических материалов золото-серебряных проявлений на основе АВА- и NAG-тестов. Филатова О.Р.* (МГУ им. М.В.Ломоносова, orlova8313@yandex.ru), Лубкова Т.Н. (МГУ им. М.В.Ломоносова, tanya_lubkova@mail.ru), Яблонская Д.А. (МГУ им. М.В.Ломоносова, daria.yablonskaya@mail.com) 198

Эколого-геологические системы массивов скальных грунтов и их особенности. Харьковина М.А.* (МГУ им. М.В.Ломоносова, kharkina@mail.ru), Трофимов В.Т. (МГУ им. М.В.Ломоносова, trofimov@rector.msu.ru), Королев В.А. (МГУ им. М.В.Ломоносова, va-korolev@bk.ru).....	203
Оценка эффективности организационных мероприятий йодной профилактики в зонах радиационно-опасных объектов. Хлопук О.Л.* (МГРИ, hlopuk-olga@rambler.ru), Поляков В.М. (МГРИ, technoles@mail.ru)	208
Нефтебаза как объект негативного влияния на геосреду. Шушанян Г.А.* (СамГТУ, gor.shush2001@gmail.com), Ермаков В.В. (СамГТУ, psre@mail.ru)	213
Методология экологических исследований. Экзарьян В.Н.* (Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе, vnekzar@rambler.ru).....	218
<i>Секция №15. Математическое моделирование и разведочная геофизика.</i>	<i>223</i>
<i>Исследования региональных и локальных аномальных геофизических полей Перу для минерагенического прогноза. Абрамов В. Ю.* (Российский Университет Дружбы Народов (РУДН), 117198, РФ, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, Инженерная академия, e-mail geophy-rudn@mail.ru) ..</i>	<i>223</i>
<i>Акваторные работы методом электротомографии-вызванной поляризации в зимний период. Докладчик Алексеева Е.И.* (АК «АЛРОСА», AlekseevaEI@alrosa.ru), соавтор Федоров Д.Н. (АК «АЛРОСА», FedorovDN@alrosa.ru), соавтор Сачарысов А.С. (АК «АЛРОСА», SacharysovAS@alrosa.ru)</i>	<i>227</i>
<i>Уточнение коллекторских свойств мезозойских мегарезервуаров в рамках оценки величины нефтегазовых ресурсов на Приямальском шельфе Карского моря. Алтухов Е.Е.* (МГРИ, eugene.altukhov@mail.ru), Сидорчук Е.А. (ИПНГ РАН, elena_sidorchuk@mail.ru), Фомичёва А.С. (МГРИ, foma.anya0512@gmail.com).....</i>	<i>232</i>
<i>Автоматическое выделения вступлений на сейсмических волнах методом STA/LTA. Афанасьева Н.О.* (МГРИ, afanasievan@mgri.ru), Морочко А.Ф. (МГРИ, morochkoaf@mgri.ru)</i>	<i>237</i>
<i>Проблема детекции низкоскоростных объектов межскважинным сейсмическим просвечиванием при инженерно-геологическом сопровождении строительства. Беркунов К.С.*(МГРИ, ks.berkunov@gmail.com), Алтухов Е.Е. (МГРИ, aee@mgri.ru), Рассадкин А.А. (ГБУ «Мосгоргеотрест», rassadkin_alexey@mail.ru).....</i>	<i>241</i>
<i>Выявление признаков зоны поглощения бурового раствора на основании данных станции ГТИ и меры предотвращения поглощения. Богословский В.М.* (МГРИ, bogoslovskiyvm@gmail.com), Алтухов Е.Е. (МГРИ, aee@mgri.ru)</i>	<i>245</i>
<i>Сравнение результатов замеров вариабельности гравитационного поля между двумя гравиметрами ГНУ-КВ. Бойко А.М.* (МГРИ, anna.maksimovna.b@gmail.com), Ерохин А.М.* (ООО «Петровайзер», erokhin_am@petroviser.ru), Белов А.П. (МГРИ, belovap@mgri.ru), Лобанов А.М. (МГРИ, lobanovam@mgri.ru), Кудрявцева У.Д. (ООО «Петровайзер», kudryavtseva_ud@petroviser.ru), Венедиктов К.В. (ООО «Петровайзер», venediktov_kv@petroviser.ru)</i>	<i>249</i>
<i>Выбор рационального комплекса методов ГИС при количественной интерпретации проектного горизонта оксымской свиты Северо-Кетской площади. Бубнов Е.О.* (МГРИ, bubnov_egor@list.ru), Белов А.П. (МГРИ, econg3@yandex.ru).</i>	<i>253</i>
<i>Комплексирование геофизических методов ГИС для изучения литолого-стратиграфической и непластовой разбивки отложений объекта Конончанский. Воронин И.А.* (МГРИ, soadwb@gmail.com), Белов А.П. (МГРИ, econg3@yandex.ru).</i>	<i>257</i>

<i>Опережающий морфоструктурный прогноз полиметаллического оруденения Хараелахской мульды. Воронцова С.А. * (СПГУ, s190979@stud.spmi.ru), Яковлева А.А. (СПГУ, Yakovleva_AA@pers.spmi.ru), Мовчан Е.И. (СПГУ, s201149@stud.spmi.ru).....</i>	262
<i>Особенности петроупругого моделирования глинистых терригенных пород. Гора Л.О. * (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), г. Москва, Россия, Lianagora@yandex.ru)</i>	267
<i>Применение методов качественной интерпретации геофизических полей при изучении геотектонических условий локализации одного из рудных узлов Рудного Алтая. Дергилёва Е.А. * (Санкт-Петербургский горный университет, dergilevaea@yandex.ru), Секерина Д.Д. (Санкт-Петербургский горный университет, sekerinadar@mail.ru)</i>	271
<i>К методике бесконтактных измерений в электроразведке методом сопротивлений; результаты математического моделирования. Каринский А.Д. * (МГРИ, akarinski@mail.ru), Иванов А.А. (МГРИ, biwolf@mail.ru), Матюшенко А.А (МГРИ, matiushenkoaa@mgri.ru), Зуденков И.А. (МГРИ, ivan.zoudenkov@gmail.com)</i>	276
<i>К применению БПЛА в электроразведке; влияние локальных объектов на магнитное поле незаземлённой петли. Каринский А.Д. * (МГРИ, akarinski@mail.ru), Зуденков И.А. (МГРИ, ivan.zoudenkov@gmail.com), Матюшенко А.А (МГРИ, matiushenkoaa@mgri.ru)</i>	280
<i>Геофизические методы при ведении мониторинга опасных эндогенных процессов. Кравченко С.Ю. (МГРИ, ФГБУ «Гидроспецгеология», ser_app@bk.ru)</i>	285
<i>Анализ применения сейсморазведочных работ для уточнения геологического строения на участке строительства Рублёво-Архангельской линии метрополитена. Кругляков А.Н. * (МГРИ, oberon9996@mail.ru)</i>	289
<i>Программно-методическое обеспечение численной обработки и интерпретации данных бокового сканирующего каротажа в процессе бурения скважин. Липатников А.И. * (МГРИ, lipatnikov.toni@mail.ru), Алтухов Е.Е. (МГРИ, aee@mgri.ru)</i>	293
<i>Применение энергодисперсионного рентгенофлюоресцентного анализа для определения многоэлементного состава геологических объектов. Медведев А.А. * (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), e-mail: medvedevaa@mgri.ru), Посеренин А.И. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), e-mail: posereninai@mgri.ru)</i>	297
<i>Использование гравиметра ГНУ-КВ для мониторинга и анализа напряженно-деформированного состояния участков земной коры в сейсмоактивных регионах. Мухаметзянов А.Р. * (МГРИ, atir@mgri.ru), соавтор Белов А.П. (МГРИ, esong3@yandex.ru)</i>	302
<i>Математическое моделирование деформации осадочного чехла над активным блоком фундамента в приложении к проблемам тектонофизики и геодинамики. Мягков Д.С. * (ИФЗ РАН, dsm@ifz.ru),</i>	306
<i>Комплексный анализ петрофизических, теплофизических и фильтрационно-емкостных свойств пород в геотермальной зоне Сульц-су-Форе (Франция). Ненюкова А.И. * (МГРИ, nenjukovaa@mail.ru)</i>	310
<i>Пренебрежение ориентированной трещиноватостью. Опарина Д. С. * (МГРИ, doparina@mail.ru), Байук И.О. (ИФЗ, ibayuk@yandex.ru)</i>	314

<i>Возможности применения импульсного нейтронного зондирования в геолого-геофизических исследованиях . Пак Д.Ю. * (НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», pak_kargtu@mail.ru), Тебаева А.Ю. (НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», anara.tebaeva@gmail.com), Пак Ю.Н. (НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», pak_gos@mail.ru)</i>	319
<i>Технологии скользящих окон в задачах интерпретационной обработки геолого-геофизической информации методами вероятностно-статистического подхода. Петров А.В. * (МГРИ Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, petrovstud@mail.ru)</i>	323
<i>Адаптивные методы интерпретационной обработки геофизических полей в компьютерной технологии КОСКАД 3D. Петров А.В. * (МГРИ Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, petrovstud@mail.ru)</i>	328
<i>Моделирование упругих волн в арктическом волноводе для задач сейсмического мониторинга и оценки характеристик ледового покрова. Преснов Д.А. (ИФЗ РАН, presnov@physics.msu.ru)</i>	331
<i>Результаты исследования некоторых свойств модельного импульса Берлаге . Романов В.В. * (МГРИ, romanovvv@mgri.ru)</i>	336
<i>Современные методы разведки полезных ископаемых. А.Ю. Рыбальченко, Р.В. Красников (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, anton.rybalchenko@bk.ru; rvk.doc@mail.ru)</i>	341
<i>Создание трехмерной геологической модели южной части Тутуяесской площади Кузбасса в ГГИС Micromine Origin. Смирнова А.Д. * (ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 211a19@kuzstu.ru), Михайлова Т.В. (ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», mdg@kuzstu.ru)</i>	344
<i>Прогнозирование кимберлитовых трубок на Сьюльдюкарском месторождении. Соломахин К.В. * (solomahin.kv@gmail.com)</i>	349
<i>Физико-геологическая модель Шхиперского золоторудного месторождения по материалам полевых работ. Сосна Е.М. * (МГРИ, egorsosna@yandex.ru),</i>	353
<i>Сейсморазведочные работы в районе Бузулукской впадины. Страхова Е.П. * (МГРИ, blog_for_katya@gmail.com)</i>	357
<i>Районирования территорий на однородные по гравитационному полю и его атрибутам области по Петрову А. В. в центральной части Вьетнама. Фан Т. Х. * (Горно-геологический университет, г.Ханой, phanthihong@humg.edu.vn), Петров А. В. (МГРИ, petrovstud@mail.ru), До М.Ф. (Вьетнамский геофизический отдел, dominhphuong.dkt@gmail.com).</i>	361
<i>Оценка ресурсной базы углеводородного сырья по результатам бассейнового моделирования и геофизическим исследованиям . Фомичёва А.С. * (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), foma.anyu0512@gmail.com), Алтухов Е.Е. (МГРИ, aee@mgri.ru).</i>	366
<i>Применение компьютерной технологии «COSCAD 3D» с целью картирования перспективных зон для выявления золоторудных месторождений по данным наземной магнитной съемки. Докладчик Ханхарханова А.С. * (АК «АЛРОСА» (ПАО), KhankharkhanovaAIS@alrosa.ru), соавтор Коваленко Н.И. (АК «АЛРОСА» (ПАО), KovalenkoNI@alrosa.ru), соавтор Афанасьев А.А. (АК «АЛРОСА» (ПАО), AfanasevAA@alrosa.ru)</i>	370

<i>Математическая модель для определения оптимальных режимов работы газожидкостных подъёмников системы эрлифт и газлифт при добыче полезных ископаемых с морского дна материковых шельфов. Хозяинов В.П. * (Воркутинский филиал Ухтинского государственного технического университета, dlhrew@mail.ru), Дубовец А.В. (Ухтинский государственный технический университет, jurawli777@gmail.com)</i>	375
<i>Металгоритмический подход к формализации разработки геофизических методов. Чирков Е.Б. (ИФЗ РАН, ye_chirkov@list.ru)</i>	379
<i>К вопросу использования рентгено-радиометрической сепарации на рудных объектах Узбекистана. Шарипов Ш.Ф. * (Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, Geologist_Uzbekistan@mail.uz)</i>	383
<i>Комплексе геофизических методов с целью уточнения особенностей геологического строения и гидрогеологических условий на участке предполагаемого строительства метро. Юлдашбаева И. Г. (РГГРУ имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), yuldashbaevailzida@gmail.com)</i>	387
<i>Применение метода электротомографии при изучения оползневых процессов в долине реки Москвы. Юрченко А.П. * (МГРИ, WhiteVikont@yandex.ru)</i>	391
<i>Секция №16. Геоинформатика, робототехника и машинное обучение</i>	396
<i>О программной реализации некоторых традиционных задач геофизики. Ахметсафин Р.Д. * (МГРИ, ahmet safinrd@mgri.ru)</i>	396
<i>Пути повышения эффективности буровых работ с учетом применения различных типов породоразрушающего инструмента. Боголюбов Р.В.* (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, bogolybov_05@icloud.com). Научный руководитель: Овезов Батыр Аннамухаммедович (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, ovezovba@mgri.ru), соавтор: Щербакова Ксения Олеговна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, sherbakovak@mgri.ru), Календарова Лейли Рустамовна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kalendarovalr@mgri.ru).....</i>	400
<i>Морфометрический анализ речных долин для прогнозирования золотоносных россыпей Яно-Оймяконо-Колымской геоморфологической провинции. Габбасов К.А. * (ФГБУ “ЦНИГРИ”, geo.discovery@mail.ru)</i>	403
<i>Изучение потенциала нейросетевых технологий в области извлечения линейных структур из цифровой модели рельефа SRTM. Гришков Г.А. * (ИГЕМ РАН, г. Москва, gorgulini@yandex.ru), Нафигин И.О. (ИГЕМ РАН, г. Москва, nafigin@igem.ru), Устинов С.А. (ИГЕМ РАН, г. Москва, ustinov@igem.ru), Петров В.А. (ИГЕМ РАН, г. Москва, vlad243@igem.ru), Минаев В.А. (ИГЕМ РАН, г. Москва, minaev2403@mail.ru)</i>	408
<i>Обзор возможностей создания карт возрастов домов на примере города Краснодар. Даишева А.М.* (КубГУ, hw-almira@yandex.ru), Пелина А.Н. (КубГУ, pelina_a@mail.ru)</i>	412
<i>WEB-технологии для публикации ГИС- проектов, созданных в геоинформационной системе INTEGRO. Деева М.В. * (ФГБУ ВНИГНИ, m.deeva@geosys.ru), Толмачева Е.Р. (ФГБУ ВНИГНИ, e.tolmatcheva@geosys.ru), Деев К.В. (ФГБУ ВНИГНИ, k.deev@geosys.ru).....</i>	416
<i>Эффективность и широта применения машинного обучения в геологии. Кораблёва А.А. *(МГРИ, annakoraleva09@gmail.com), Морочко А.Ф. (МГРИ, morochkoaf@mgri.ru)</i>	420

- Предупреждение встреч стволов скважины при бурении методом индукционного каротажа. Костин В.В.* (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kostin.spe@gmail.com). Научный руководитель: Овезов Батыр Аннамухаммедович (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, ovezovba@mgri.ru), соавтор: Щербакова Ксения Олеговна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, sherbakovak@mgri.ru), Календарова Лейли Рустамовна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kalendarovalr@mgri.ru) 424*
- Решение проблем недропользования с помощью технологии IoT: уменьшение затрат, повышение эффективности и безопасности. Нагайцев М. В.*(МГРИ, nagaytsev@mgri.ru) 428*
- ГИС НЕВА для решения различных геологических задач с использованием БПЛА. Нагайцев М.В.* (МГРИ, nagaytsev@mgri.ru), Ванеева А.В.(МГРИ, Mittary@yandex.ru), Иванова Ю.А.(МГРИ, yunaivanova@yandex.ru) 431*
- Исследование эффективности алгоритмов для поиска кратчайшего пути в графе. Настасенко С. А.* (МГРИ, snastasenko99@gmail.com), Агаларов З. С. (МГРИ, agalarovzs@mgri.ru) 435*
- Разработка Telegram – бота для решения задач теории информации на алгоритмическом языке Python. Оборнев Е.А.* (МГРИ,obornevea@mgri.ru), Нагайцев М.В. (МГРИ, nagaytsev@mgri.ru), Солнцев Э.С. (МГРИ, ski.rus.r@gmail.com) Хижняк М.А. (МГРИ, geneus003@gmail.com), Конобеев Т.А. (МГРИ, vazgen1337228@gmail.com) 440*
- Разработка электронного словаря и анализа текста романа в стихах А.С. Пушкина «Евгений Онегин». Оборнев Е.А.*(МГРИ, obornevea@mgri.ru), Нагайцев М.В. (МГРИ, nagaytsev@mgri.ru), Солнцев Э.С. (МГРИ, ski.rus.r@gmail.com), Ракипов В.Р. (МГРИ, vadimirakipov@yandex.ru) 443*
- Технология бурения с применением гидравлических расширителей в условиях наличия интервалов нестабильных глин. Пакин А.В.* (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, rakin.ar@yandex.ru). Научный руководитель: Овезов Батыр Аннамухаммедович (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, ovezovba@mgri.ru), соавтор: Щербакова Ксения Олеговна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, sherbakovak@mgri.ru), Календарова Лейли Рустамовна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kalendarovalr@mgri.ru) 446*
- Обработка и анализ данных комплекса геофизических методов в ГИС ИНТЕГРО при изучении глубинного строения юго-восточной части Вилюйской синеклизы. Пиманова Н.Н.* (РГГУ, pimanova.nad@gmail.com) 450*
- Оптимизация полетной миссии БПЛА. Полтавец А.А.* (Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе (МГРИ), andreeych@gmail.com) . Кирсанова В.С. (Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе (МГРИ), kirnika@mail.ru), Авраменок А.В. (Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе (МГРИ), a.avramenok@mgri.ru) 455*
- Применение метода малого параметра к решению задачи устойчивого полета летательных аппаратов (ЛА) самолетного и вертолетного типов. Пряжевский Р.Д.*(МГРИ, pryazhevsky@mgri.ru), Оборнев Е.А.*(МГРИ, obornevea@mgri.ru), Нагайцев М.В. (МГРИ, nagaytsev@mgri.ru) 458*
- Разработка приложения для решения обратной 1D задачи МТЗ в точке зондирования средствами надстройки "Поиск решения" и VBA в MS Excel. Родионов Е.А.* (МГРИ, rodionovea@mgri.ru). Хижняк М.А. (МГРИ, geneus003@gmail.com), Конобеев Т.А. (МГРИ, vazgen1337228@gmail.com) 461*

Глубокие нейронные сети сверточного типа как средство повышения эффективности аппроксимационного метода решения обратных задач геоэлектрики. Родионов Е.А. (МГРИ, rodionova@mgri.ru), Шимелевич М.И. (МГРИ, shimelevich-m@yandex.ru), Оборнев И.Е. (НИИЯФ МГУ, МГРИ, o_ivano@mail.ru), Оборнев Е.А. (МГРИ, oborneva@mgri.ru) 466*

Построения трехмерной модели территории на основе комплекса геофизических данных на региональном этапе геолого-разведочных работ. Финкельштейн М.Я. (ФГБУ «ВНИГНИ», misha@geosys.ru), Каплан С.А. (ФГБУ «ВНИГНИ», kaplansam@rambler.ru), Спиридонов В.А., (ФГБУ «ВНИГНИ», victor@geosys.ru), Большаков Е.М., (ФГБУ «ВНИГНИ», bolshakov.e.m@yandex.ru) 470*

Методы искусственного интеллекта (нейронных сетей) в обратных нелинейных задачах геофизики с оценкой неоднозначности решений–Шимелевич М.И. (МГРИ, shimelevich-m@yandex.ru)..... 475*

Секция №14. Геоэкология и безопасность жизнедеятельности.

Геоэкологическая оценка факторов, формирующих структуру ландшафта на Абшеронском полуострове. Аббасова Г.Н. (Бакинский Государственный Университет guynayabbasova0022@gmail.com), Ибрагимли Е.Б. (Бакинский Государственный Университет elshadibraqim@gmail.com)

Аннотация

Целью этого исследования является геоэкологическая оценка состояния современных ландшафтов Абшеронского полуострова, прибрежной территории Каспийского моря. В целях комплексной геоэкологической оценки состояния современных ландшафтов исследовательской территории планируется анализ структуры землепользования и его особенностей, изучение проявления разрушительных процессов природно-антропогенного происхождения, оценка видов и интенсивности развития природно-техногенных катастроф, а также их влияния на состояние природных геополитик, определение областей распространения основных видов загрязнений воздух и водная среда, земля и растительность.

Ключевые слова

Геоэкология, оценки, ландшафтов, Каспийского моря, воздух

Абшеронский полуостров одним из самых развитых экономических регионов Азербайджанской Республики и является территориально-производственным комплексом, объединяющим в себе нефтегазовую добычу, нефтехимическую, машиностроительную, строительную промышленность и развитое сельское хозяйство. В связи с высоким ростом объемов материального производства на этой территории с каждым годом растет влияние и вмешательство людей в ландшафты. Здесь особенно развиты добыча нефти, химическая промышленность, строительный сектор, благоустройство и производство строительных материалов (не рудных полезных ископаемых камень, песок, щебень, цемент) из отраслей, оказывающих вредное воздействие на ландшафты. В результате сброса в окружающую среду промышленных и бытовых отходов строительство ускоряет разрушение природного комплекса, создает условия для возникновения необратимых процессов в геоэкосистеме. В результате естественная эволюция видов ландшафтов, подвергшихся антропогенному воздействию, нарушается и становится бесполезной. Однако в Абшеронском ярусе не было уделено должного внимания восстановлению нарушенных по разным причинам земель и возвращению этих земель в эксплуатацию. В результате сегодня старые нефтяные скважины, песочные, каменные предприятия оказались невыгодными, рекультивация которых требует достаточного количества материальных, технических и бытовых средств, а также обеспечения специальных технологий.

Оптимизация и эффективная реализация работ по рекультивации ландшафта (нарушенных земель) обуславливают решение многих проблем, в том числе его геоэкономическую оценку на уровне современных требований. Анализ опыта рекультивации ландшафта (нарушенных земель) в республике и за рубежом показывает, что к природно-хозяйственному комплексу техно генеза, в свою очередь, приводит к тому, что ответная реакция многопрофильной, сложно размерной экосистемы, в свою очередь, является очень жесткой. Поэтому необходимо уделять больше внимания

комплексному изучению характера динамики геоэкономических нарушений, возникающих под влиянием техногенных факторов, и прогнозу их будущих изменений.

Процессы-элементы, влияющие на формирование ландшафта, дифференциацию в пределах определенного пространства и времени, называются факторами, формирующими ландшафт [2]. Хотя ландшафт образующие факторы взаимодействуют друг с другом, в конкретном пространстве их влияние на развитие ландшафта различно. Ландшафт образующие факторы в первую очередь формируют состав, структуру и функциональные особенности природных территориальных единиц (ПТЕ). Поэтому ряд факторов различают ведущую позицию, а некоторые - пассивную позицию. Известные русские географы А.А. Григорьев, Д.Л.Арменд берут климат, геоморфологические процессы как ведущий фактор. Вода, земля, растительность, животный мир считаются основополагающими факторами. Климат напрямую связан с солнечной энергией, рельефом и связанными с ней процессами с внутренней энергией Земли. Эти два фактора сыграли большую роль в истории развития Земли. Другие факторы основаны на них и, возможно, зависят от ведущих факторов.

Поскольку ландшафтные комплексы имеют зональные и азональные свойства, факторы, формирующие ландшафт, разделяются соответственно на 2 группы [24]: 1) факторы, формирующие зональный ландшафт, зависят от климатических элементов, особенно от соотношения температуры с влажностью. Под их влиянием возникают зональные компоненты: земля, растительность, животный мир; 2) к факторам, создающим азональный ландшафт, относятся рельеф, тектонические процессы, геологические структуры. Эти факторы создают вертикальную грозу на орографических элементах с различными тектоническими щитами в пределах горизонтальной дифференциации и усложняют морфологическую структуру ландшафта. Поэтому изучение ландшафтных типов, подверженных серьезным трансформациям как зональных, так и азональных, а также антропогенных факторов, имеет большое научное и практическое значение. Так как ландшафты Абшеронского полуострова также претерпели серьезные изменения, здесь очень важна геоэкологическая оценка [3]. В связи с этим нарушенные земельные участки, рекультивированные и до сих пор не вовлеченные в целевое использование, также становятся рецидивирующими источниками дефляции. Эти проблемы до сих пор находятся за пределами центра внимания исследователей. Благоприятное использование ландшафта требует выбора наиболее оптимальных вариантов рекультивации в условиях экологии, обусловленных взаимными научными основами природной среды с различными отраслями производства, что, в свою очередь, приводит к решению многих вопросов. Так, изучение геоэкологических генетических особенностей ландшафта на Абшеронском полуострове должно состоять из изучения роли экологически-экономических факторов в целях мер по его восстановлению. Изучение роли рельефа в формировании ландшафта на Абшеронский полуостров является самостоятельным геоморфологическим районом рельефных факторов и рельефа по специфическим формам морфоструктур. Геоморфологические особенности территории были детально исследованы рядом учёных [1,2,3].

В современном формировании Апшеронского рельефа особую роль играет процесс дефляции Агжагиля Абшеронского обрушения и новых каспийских террас. Западная часть полуострова имеет более сложный рельеф. Здесь также наблюдается процесс денудации, равный дефляции. Центральная часть полуострова имеет более сложный рельеф. Также можно отметить деятельность водной эрозии в центральной части полуострова. При формировании рельефа Абшеронского полуострова особое

значение имеет литологический состав водорослей. Более склонные к процессу дефляции пески и глины. В Абшероне широко сформировались солёные глины.

Абшеронская полуостров представляет собой юго-восточное продолжение Большого Кавказа по морфологической структуре. Здесь наблюдаются различные амплитудные неотектонические движения. За счет этого формируется тектонический рельеф. В результате деятельности грязевых вулканов на полуострове имеются конусы различных размеров и форм. В юго-западной части Абшерона развился инверсионный рельеф. Здесь наблюдаются различные амплитудные неотектонические движения. В результате этого формируется тектонический рельеф. Рельеф образованы из моноклиальных высот и синклиальных структур, состоящих из абшеронских отложений, устойчивых к денудации. Большая часть Абшеронского полуострова имеет гладкий и слабо расчленённый рельеф. Здесь также встречаются аридно-денудационная рельефа, формы денудации и эола -совокупность процессов сноса и удаления с возвышенностей продуктов выветривания горных пород с последующим их накоплением в понижениях рельефа. Склоны, возвышенности и пастбища характеризуются ступенями, что связано с участием морских террас четвертого периода в формировании рельефа. В целях достижения оперативности и точности в нашей работе было собрано и систематизировано спутниковое описание территории исследования. В ходе обработки высоко- и средне размерных спутниковых изображений в среде географической системы были составлены цифровые карты физических и водных индексов Апшеронского полуострова. Снимок был сделан на спутнике Landsat 1. В целях оценки современного состояния ландшафтов на территории исследования предпочтение отдано описаниям последнего периода. Как следует из снимка, съемки проходили 25.09.2021 года. Для обработки изображений использовалось программное обеспечение Arc Cis 10.3. Данные, полученные в результате дешифрования спутниковых изображений, позволят оценить природные и антропогенные факторы, влияющие на геоэкологическое состояние ландшафтов, зондировать исследовательскую территорию



по этим параметрам. С другой стороны, изучение трансформации ландшафтных типов с совместным использованием аэрокосмических и CIS технологий актуализируется с каждым днем. Это обусловлено точностью результатов, полученных с использованием этих технологий. Неслучайно, что предпочтение использовать спутниковые данные в исследовании, оптимизации и управлении окружающей средой в последние годы ставится перед научным сообществом как особым требованием со стороны нашего государства.

Рисунок 1. Снимок с спутника Landsat TM (25.09.2021 г.)

Так, утвержденная Указом Президента Азербайджанской Республики от 15 ноября 2018 года № 696 «Государственная Пороговая Служба дистанционного наблюдения Земли через спутник в Азербайджанской Республике на 2019-2022 годы» относится к мониторингу Каспийского моря и его прибрежной зоны, их реконструкции и управлению. Основными направлениями деятельности данной программы являются:

сельское хозяйство, охрана окружающей среды, управление чрезвычайными ситуациями, добывающая промышленность, развитие транспортной и дорожной инфраструктуры, туризма, картографирование и градостроительство, управление государственным имуществом, кадастровые работы, навигация и мелиорация, водное хозяйство, спутниковое наблюдение расширение доступа к своим геоэкологическим услугам.

Предлагаемый метод геоэкологической оценки носит единый характер для ландшафтов соответствующих климатических зон густонаселенных территорий. Он может быть использован в качестве научной основы для оптимизации управления природой в условиях интенсивного антропогенного давления в густонаселенных городах и интенсивном земледелии. Методологические аспекты геоэкологической оценки состояния ландшафтов могут применяться и при изучении других территорий [6].

В заключение надо отметить что, процессе функционирования в ландшафтах Апшерона и прибрежных территории, происходят разнообразные структурные изменения. Различают прежде всего два основных типа изменений: а) обратимые и б) необратимые. К первым относятся сезонные смены, а также изменения катастрофического характера, не приводящие к изменению структуры ландшафта, его инварианту (совокупности устойчивых отличительных черт геосистемы). При необратимых изменениях возврата к прежнему состоянию не происходит: изменения идут в одну сторону, в определенном направлении[4]. Все обратимые изменения образуют динамику ландшафта, иначе определяемую как смену состояний геосистем в рамках одного инварианта. Смена одного состояния другим сопровождается изменением структуры и функционирования геосистемы. С динамикой ландшафта связаны многие другие свойства геосистем. С одной стороны, динамика по существу перекрывается с функционированием: динамические колебания до года относятся к функционированию, а колебания с более длительным временным диапазоном можно рассматривать как многолетние и вековые флуктуации функционирования. С другой стороны, динамика имеет близкое отношение к эволюции и развитию, хотя и не тождественна им, т.к. в ходе динамических изменений закладываются тенденции будущих коренных трансформаций ландшафта. Наконец, динамика тесно связана с устойчивостью: именно обратимые динамические смены указывают на способность ландшафта возвращаться к исходному состоянию. Природные геосистемы постоянно меняются. Из-за быстрого роста материального производства вмешательство человека и воздействие на ландшафт в этой сфере с каждым годом увеличивается. Здесь особенно развиты антропогенные ареалы, оказывающие губительное воздействие на ландшафты. В результате естественная эволюция атропогенно затронутых типов ландшафтов была нарушена и пришла в негодность. Поэтому оценка геоэкологического состояния прибрежных зон Каспия на уровне современных требований имеет большое научное и практическое значение.

Библиография

- 1.Будагов Б.А., Гарибов И.А. Основные направления антропогенизации природных ландшафтов. Конструктивная география Азербайджанской Республики. Баку, Наука, 2000, с. 159-165.
- 2.. Дашдыев Р. Экология ландшафта. Баку 2010. 138 с.
- 3.Мамедов Р.М. Ландшафтное планирование в Азербайджане, Баку, 2009, с.142.
- 4.Митина Геоэкологические исследования ландшафтов морских мелководий. М., Наука, 2005.

5. Трапезникова О.Н. Исследование агроландшафтного и почвенно-геологического факторов на основе дешифрирования космических снимков (на примере южнотаежного Прикамья) // Исследование Земли из космоса. 2007. № 4. С. 51-61.
6. Turner, M.G. R.N.G ardner and R.V.Oneill.- 2001. Landscape Ecology in Theoru anda Practice. Springer-Verlag, NY. USA

*Экологические проблемы добычи нефти и газа на шельфе Каспийского моря.
Абдуллаев Р.М.* (МГРИ, newgvinea10@mail.ru), Щерба В.А. (МГРИ,
shcherba_va@mail.ru)*

Аннотация

Каспийское море, как внутриконтинентальный бассейн, населено значительным количеством эндемичных видов растений и животных. В то же время на шельфе этого моря обнаружены крупные запасы нефти и газа. Добыча этих ресурсов приводит к возникновению различных экологических проблем. В данной статье рассматриваются проблемы загрязнения атмосферного воздуха, а также морской среды, сокращения числа представителей животного и растительного мира, активизации геологических процессов и предлагаются мероприятия для решения этих проблем.

Ключевые слова

Каспийское море, шельф, добыча нефти и газа, нефтяное загрязнение, экологические проблемы.

Теория

Каспийское море является бессточным озером, которое расположено на стыке Европы и Азии и занимает площадь сопоставимую с площадью Балтийского моря – около 380000 кв. км. Акватория моря выделяется большой долей эндемичных видов живых организмов – около 40% [4]. В пределах Каспийского региона выявлены крупные запасы углеводородов в 3% от мирового запаса. Их добычу проводят на морских ледостойких платформах из-за опасности значительных повреждений от местных ледовых нагрузок. Опасность представляют и другие метеорологические явления. Так, в декабре 2015 г. на морской платформе «Гюнешли» во время шторма оборвался газопровод, что привело к крупному пожару на платформе. На Каспии происходит долговременный подъем уровня воды под действием штормовых (ветровых) нагонов, которые обрушиваются на побережье. Обратные массы воды возвращаются в бассейн, принося с собой загрязняющие вещества, в том числе отходы нефтепродуктов [7]. Процессы добычи нефти влияют на состояние атмосферного воздуха, в который выбрасываются вредные вещества. Они могут переноситься с потоками воздуха на другие территории и там осажаться. При длительной разработке месторождений на шельфе происходит загрязнение морской среды и накопление вредных веществ в организмах животных и растений. В частности, на Тенгизском месторождении с 1993 по 2004 годы в среднем выбросы в атмосферный воздух составляли порядка 600 тысяч т., что увеличило заболеваемость жителей поселка Саркамыс, расположенного в 12-15 км от санитарно-защитной зоны месторождения, более чем на 40% и привело к уменьшению средней продолжительности жизни на 10 лет [1].

Часто попутный нефтяной газ сжигают и в результате этого образуются сернистые и азотистые соединения, являющиеся одними из самых губительных газов экосистемы. Вещества, сжигаемые в факелах этого месторождения, содержат примеси серы. Однако попутный газ можно использовать для закачки обратно в продуктивные пласты, чтобы поддерживать пластовое давление. А из сернистых газов можно получить

серу с помощью, например, простых вихревых труб Ранка-Хилша и затем отправить на производства в другие отрасли промышленности.

Современные методы добычи нефти на шельфе используют технологию «нулевого сброса», при котором образовавшиеся отходы собирают в металлические контейнеры и вывозят за пределы акватории для их утилизации, не загрязняя морские воды [6]. Утечка бурового раствора и нефтепродуктов может происходить во время буровых работ, но их объем, как правило, незначителен. На старых месторождениях объем сбросов будет намного выше, как из-за использования устаревших технологий, так и из-за более частых аварий. Наибольший урон окружающей среде наносится при выделении нефти, газа, конденсата из неконтролируемых скважин в течение нескольких дней или месяцев. Нефть с платформ транспортируется по подводным трубопроводам и в малотоннажных танкерах. Существуют значительные риски аварий на этих участках (рис.1). Аварии с танкерами вносят намного больший вклад в загрязнение моря, чем утечки из трубопроводов. Конструкции танкеров со временем обновляют с учетом экологических ограничений [2].



Рисунок 1. Карта-схема аварийных разливов нефти в Каспийском море [2]

При нефтяном загрязнении происходит снижение выработки кислорода в результате подавления развития диатомовых и сине-зеленых водорослей. Нефтяная пленка препятствует газо-, тепло-, влагообмену между воздушной и водной средами. Большая часть рыб покидает место крупномасштабного разлива, но некоторых из них выносит обратно. Для борьбы с таким видом загрязнений широко применяется биологический метод, при котором вводятся специальные организмы, способные

поедать и разлагать нефть. В водах происходят процессы самоочищения и в месте впадения реки Волги в море их скорость ориентировочно оценивается в 0,5 тонн/км в месяц. Создание искусственных рифов, на которых может наблюдаться повышение численности и биомассы зообентоса, может способствовать самоочищению [3].

Добыча нефти и газа дополнительно увеличивает содержание в морской воде тяжелых металлов, увеличивая степень опасности для гидробионтов от совместного их воздействия. Низкие концентрации нефти также нарушают физиологическое состояние рыб. Растворённые углеводороды разрушают жабры, воздействуют на нервную мышечную систему, снижают чувствительность организмов к химически опасным веществам, которые могут накапливаться в их организмах. Наиболее токсичны из них полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Токсины, находящиеся в рыбе, которая стала пищей для других живых существ, в том числе и человека, оказываются в их телах, угрожая теперь их здоровью непосредственно. Морские птицы, в организмы которых попадает нефть, растут медленнее и демонстрируют нарушение развития перьев. При загрязнении перьев нефтью ухудшаются их теплоизолирующие и водоотталкивающие свойства, способность птиц летать. Популяция каспийского тюленя за последние сто лет сократилась на 90%, в том числе из-за активной нефтегазовой компании на шельфе моря. Меха тюленей, подвергшийся нефтяному загрязнению, перестает защищать их от переохлаждения. В основном тюлени питаются каспийской килькой, которая тоже находится на грани исчезновения [7].

На отдельных участках Каспийского моря созданы заповедники, в которых контролируют экологическое состояние природной среды: Красноводский, Астраханский, Кызыл-Агачский. Также сохранению ценных биологических ресурсов могут способствовать введение пространственных и временных ограничений на проведение нефтегазодобычи и установление специальных эколого-рыбохозяйственных требований применительно к отдельным участкам акватории [3]. Восстановлению популяций рыб способствует их искусственное разведение. Так, за 10 лет ФГБУ «Запкамрыбвод» выпустило в море более чем 576 миллионов мальков ценных и особо ценных видов рыбы [4]. Для развития биоресурсов нежелательна разработка нефти на шельфе моря. Ускоренная разработка месторождений ведет к значительной потере качества среды обитания. Но если уменьшать скорость добычи, то можно избегать наступления катастроф в течение нескольких десятилетий.

Нефтегазодобывающая деятельность неизбежно оказывает воздействие и на литосферу. В результате падения пластового давления происходят техногенные землетрясения. Неравномерный отбор нефти и газа из природных коллекторов, а также закачка воды для поддержания пластового давления приводит к интенсификации подвижек морского дна. Дно Каспия имеет определенный геотермальный режим, который может локально нарушаться от теплового воздействия скважин, создавая угрозу для местной биоты. Также газогидраты, находящиеся на дне моря, от излишнего теплового воздействия или малейших сотрясений могут перейти в состояние, в котором происходит их массовое преобразование в газы.

Для обеспечения безопасности в условиях развития отмеченных геодинамических процессов требуется разработка мероприятий по инженерно-геологической защите и учету последствий природно-техногенных катастроф. Эти мероприятия возможны только на уровне межгосударственного сотрудничества и

должны осуществляться на основе реализуемых международных проектов. Следует отметить, что в 2018 году была подписана конвенция между всеми 5-ью странами Каспийского региона о правовом статусе Каспия, согласно которой море разделено на сектора между Россией, Казахстаном, Азербайджаном, Туркменистаном и Ираном. В конвенции призывается обеспечить устойчивое развитие инфраструктуры и сохранение природных ресурсов при добыче нефти и газа на дне моря [5].

Выводы

Добыча нефти и газа на шельфе Каспийского моря вызывает различные экологические проблемы: загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение морской среды, уменьшение числа представителей животного и растительного мира, активизация геологических процессов. Снижение негативного влияния на окружающую среду может быть достигнуто за счет внедрения инновационных технологий, учета в процессе деятельности нефтедобывающих предприятий природных условий территории, совершенствования и соблюдения природоохранного законодательства, проведения природоохранных мероприятий. Эти проблемы имеют влияние на весь регион, поэтому и охрана природной среды должна осуществляться с участием всех 5 стран региона. Совместные усилия должны быть скоординированы, что позволит применительно ко всей акватории моря осуществлять природоохранные меры. Конвенцией о правовом статусе Каспийского моря, принятой всеми странами региона, закреплено сотрудничество между ними, в том числе и в экологической сфере.

Библиография

1. Диаров М.Д., Нурушев М.Ж., Нурушева А.М., Каражанова А.С. О возможных экологических осложнениях (катастрофах) при штатном режиме разработки месторождений на шельфе Каспийского моря // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 2011. №2. С. 240-249.
2. Доклад «Каспийское море. Состояние окружающей среды. 2019» / Под ред. А. Крутова. – 148 с. – URL: https://tehranconvention.org/system/files/tcis/soecaspian2019_rus_hires.pdf (дата обращения: 29.01.2023)
3. Курапов А.А. Охрана природной среды при освоении нефтегазовых месторождений Северного Каспия // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2005. Т. 7. С. 21–27.
4. Махмудова М.З. Биологические ресурсы Каспийского моря: экономический аспект // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. 2017. Т.1. С.45-49.
5. Покусаев М.Н., Панасенко Н.Н., Синельщиков А.В., Яковлев П.В. Техногенные риски освоения шельфа Каспийского моря // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: морская техника и технология. 2020. Т. 4. С. 36–52.
6. Топольян М.Ю., Саушин А.З. Особенности добычи и подготовки нефти на шельфе и платформах Каспийского моря // Геология, география и глобальная энергия. 2014. № 3 (54). С.175-178.

Щерба В.А., Воробьев К.А., Алеуметова Д.О. Экологические проблемы разработки месторождений нефти и газа на шельфе Каспийского моря // Геология, геоэкология, эволюционная география: Коллективная монография. Том XVII / Под ред. Е. М. Нестерова, В. А. Снытко. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2018. – С. 71-75.
Летняя полевая практика – важный компонент образования при подготовке специалистов направления «Экология и природопользования». Абрамова Е.А. (МГРИ, abramovaea@mail.ru), Савушкина Е.Ю. (МГРИ, savushkinaey@mgri.ru), Щерба В.А. (МГРИ, shcherbava@mgri.ru)*

Аннотация

Одним из направлений геоэкологических исследований, проводимых на кафедре экологии и природопользования, является ознакомление с особенностями организации и методами полевых научных исследований, связанных с оценкой экологического состояния компонентов природной среды в пределах Москвы на примере водных объектов города. Полевая практика по гидрологии представляет собой реальную возможность соединить теоретические знания с практическими умениями и навыками по наблюдению за водными объектами и выполнению гидрометрических работ.

Ключевые слова

Полевая практика, водные объекты, гидрология, исследовательская работа студентов.

Теория

Летняя учебно-полевая практика по специальности «Экология и природопользование» является важной и обязательной частью учебного процесса, неотъемлемым звеном системы обучения и подготовки специалистов экологов. Она предполагает учебную и исследовательскую работу студентов в полевых условиях. Роль этого компонента учебного процесса в профессиональной подготовке будущих специалистов экологов и в воспитании студентов трудно переоценить.

Цель настоящей публикации – обобщение многолетнего опыта, накопленного преподавателями кафедры экологии и природопользования МГРИ в организации и проведении учебной полевой практики.

Учебная практика по гидрологии является важной составляющей подготовки специалистов в области экологии и природопользования и проводится в конце семестра в летний период в течение двух недель для всех студентов второго курса.

Целью учебной практики является проведение стандартных полевых гидрологических работ, включающих гидрографическое обследование водотоков и гидрометрические измерения на водных объектах.

Основными задачами выступают: научиться понимать важнейшие географические процессы, происходящие в гидросфере; обучиться методам проведения геоэкологических исследований в различных природных средах; отработать умения по выполнению комплексных наблюдений и определению гидрологических и морфологических характеристик водных объектов; познакомиться с принципами изучения и описания качественного состояния водных объектов; приобрести навыки работы в коллективе, уметь толерантно воспринимать социальные, этнические и культурные различия [1].

Практика состоит из трёх этапов: *подготовительный* (инструктаж по технике безопасности, вводные лекции, самостоятельная работа студентов по сбору информации); *полевой* (проведение маршрутов и выполнение практических заданий); *камеральный* (обработка полученных материалов, написание и защита бригадного отчёта) [2].

Полевая практика по гидрологии базируется на следующих методических принципах: комплексность, междисциплинарный подход, постепенное усложнение программы практики; развитие самостоятельности, творческой и общественной активности студентов. Задания ориентированы на формирование различных профессиональных компетенций в области полевой гидрологии. Следует отметить, что на подготовительном этапе учебной практики большое место отводится самостоятельной работе. Сначала студенты должны овладеть некоторым объемом теоретических знаний, приёмами организации полевой работы, а затем использовать приобретенный потенциал для проведения самостоятельного исследования, получения новых знаний и умений.

Предваряя полевые гидрологические исследования, студентам читается вводная лекция, на которой определяется цель и объясняются основные задачи, повторяется материал, изученный в ходе аудиторных лекционных и практических занятий: основные характеристики элементов гидросферы, её значение для города. Особое внимание уделяется условиям формирования гидрологической сети города Москвы, влияния на неё геологического строения, рельефа, климата; характеристике водного режима речной сети, к которой относятся исследуемые водные объекты; методике изучения физических и химических параметров водных объектов при полевых и лабораторных работах. Обязательным звеном проводимых исследований является работа с картографическим материалом, в процессе которой формируются навыки выполнения действий с картой по освоению методов определения морфометрических характеристик изучаемых водных объектов: рек, их бассейнов, прудов, водохранилищ [3].

Самый интересный этап для студентов – полевые исследования. Маршруты проведения практики пролегают по долинным комплексам рек бассейна Москвы. Здесь располагаются удивительные по своим ландшафтным особенностям природные парки и музеи-заповедники «Царицыно», «Кузьминки-Люблино», «Покровское-Стрешнево», «Битцевский лес» и многие другие. В пределах обозначенных территорий сохранились исторические памятники и памятники природы (родники, ландшафты), геологические памятники (родники и обнажения горных пород) и есть возможность оценить гидрологические и физико-химические параметры состояния водных объектов (малых рек, ручьёв, прудов и родников) (рис.1).

На маршрутах объектами изучения становятся реки и ручьи, каналы, пруды, водохранилища, а также выходы подземных вод на дневную поверхность. В процессе прохождения маршрутов студенты выполняют задания, предусмотренные программой, ведут полевые дневники, в которых записывают содержание лекций, результаты своих наблюдений, алгоритм действий, делают схематические зарисовки, осуществляют построение необходимых графиков. Все полученные данные затем ложатся в основу бригадного отчёта.



Рисунок 1. *Группа студентов-экологов на маршруте в музее-заповеднике Кузьминки-Люблино*

Во время натурных исследований водотоков студенты выполняют следующие работы: построение профиля долины водотоков; установка водомерного учебного поста; проведение промерных работ на водных объектах; измерение скорости течения и определения расхода воды с помощью поверхностных поплавков; определение физических и химических параметров воды; делают вывод об экологическом состоянии территории. При изучении водоёмов (прудов и водохранилищ) выполняется большой ряд работ: построение плана водоёма с прилегающей частью его водосборного бассейна; определение морфометрических характеристик; определение типа водоёма; измерение глубины по створам; определение физических и химических свойств воды (рис.2); изучение строения водохранилища и др. Изучение выхода подземных вод начинается с рекогносцировочного маршрута, составления плана мест выхода подземных вод (родников, ключей, скважин). Выявляется связь выходов вод с рельефом и геологическим строением территории; определяются типы подземных вод (естественных и искусственных, постоянных и временных, обустроенных и др.), замеряется дебит источников, исследуются физико-химические свойства воды, виды и характер их хозяйственного использования.



Рисунок 2. *Определение химических свойств воды на камеральном этапе практики*

*XVI Международная научно-практическая конференция
"Новые идеи в науках о Земле"*

*г. Москва
6-7 апреля 2023 г.*

За всю историю проведения практики неоднократно менялось её официальное название, а также совершенствовалась программа и подходы к её проведению. В соответствии с пунктом 2.4. действующего ФГОС ВО и учебным планом по направлению «Экология и природопользование» с 2023 года учебная гидрологическая практика имеет тип проектно-технологическая [4]. В этой связи студентам будет предложено спроектировать ряд элементарных природоохранных мероприятий с учетом выявленных особенностей объектов практики и включить полученные материалы в бригадные отчеты в виде соответствующего раздела.

Выводы

Полевая практика представляет собой особый вид деятельности, позволяющий познакомить студентов с будущей профессией, показать, чем занимаются специалисты-экологи, с какими проблемами и трудностями они сталкиваются. К особенностям полевой практики по гидрологии относятся: специфические условия прохождения – преимущественно в естественной среде; исследование местности на основе изученных методов; использование современной и специальной лабораторной базы и приборов; ограничение по времени; приобретение навыков работы в команде. Полевая практика не мыслима без исследовательской, оценочной деятельности изучаемых экосистем.

Таким образом, учебная полевая практика представляет собой часть учебного плана, подготовку специалистов, которая предполагает пребывание студентов в специфических условиях для знакомства с реальной профессией, а также получением первых профессиональных навыков. Программа практики своевременно совершенствуется в условиях требований к выпускникам-экологам и актуализируется в соответствии с ФГОС ВО.

Библиография

1. Абрамова Е.А. Опыт гидрологических исследований при проведении учебной экологической практики студентов / Е.А. Абрамова, Е.Ю. Савушкина // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2018. – № 2. – С. 90-101.
2. Абрамова Е.А. Практикум по гидрологии (воды суши): учебное пособие / Е.А. Абрамова. – М.: Издательство «Научный консультант». 2019. – 56 с.
3. Москва и Московская область: учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 05.03.06 «Экология и природопользование» (профиль «Геоэкология», уровень бакалавриат) / О.А. Хлебосолова, Е.А. Абрамова, М.В. Буфетова и др. – М.: Изд-во «ОнтоПринт», 2020. – 180 с.
4. Приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 № 894 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование» – URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-05-03-06-ekologiya-i-prirodopolzovanie-894/> (дата обращения: 12.02.2023).

Восстановление нефтезагрязненных земель. Оценка результатов лабораторного эксперимента. Ахмадиев А.К. * (МГРИ, art696@mail.ru)

Аннотация

Актуальность необходимости разработок способов восстановления земель, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами представляется неоспоримой. В настоящий момент вектор в данном вопросе смещается в сторону расширения использования методов биологического восстановления, как наиболее щадящих для экосистемы. В данной работе представлены результаты лабораторного исследования, направленного на поиск возможных сочетаний различных способов восстановления земель, с целью более эффективной их очистки. Исследование подтвердило вывод о восстановительном потенциале биологических методов, а также зафиксировало, что применение сорбентов позволяет лишь временно очистить территорию. Долгосрочный же эффект возможен только при совместном действии био-и-фиторемедиантов и сорбентов.

Ключевые слова

Нефтяное загрязнение, биоремедиация, рекультивация, фиторемедиация

Теория

Последние сведения о загрязнении земель в России в результате деятельности по добычи, транспортировании и переработке углеводородов дают почву для размышлений. Данные государственного доклада о состоянии окружающей среды в Российской Федерации за 2021 г. наглядно показывают, что нефтегазовая отрасль, несмотря на все достижения в области экологической безопасности, остаётся одним из основных источников негативного воздействия на компоненты природной среды, в частности на земельные ресурсы. Согласно Докладу на начало 2022 г. нарушено данной отраслью более 600 тыс га (всего же в стране порядка 1 млн га, признано нарушенными). При этом из них рекультивировано 42 тыс га или около 7%, что можно признать недостаточным. Исходя из этого, развитие такой сферы как реабилитация природной среды представляется крайне важным, необходимым условием для обеспечения экологической безопасности.

Рассматривая вопросы повышения эффективности рекультивации (как одного из способов реабилитации) нельзя не отметить следующую тенденцию - постепенное, поступательное развитие биологических методов восстановления, которые являются более безопасными для экосистемы, более экономичными, а также способны применяться к большому количеству поллютантов. В отношении нефтяного загрязнения ориентация на такие методы имеет не последнее значение. Так как, например, срок естественного восстановления почв при нефтяном загрязнении может занимать до 10-20 лет и более в зависимости от природно-климатических условий и степени загрязнения [5,9], а традиционные методы рекультивации способны приводить к вторичному загрязнению, или же частичному восстановлению. На основании изложенного можно заключить, о необходимости совершенствования и продолжения поиска оптимальных способов восстановления. В соответствие с этим целью исследования было рассмотреть восстановительный потенциал различных способов, применяемых при рекультивации и

выявить среди них наиболее предпочтительные сочетания. Исследование при этом проходило в лабораторных условиях посредством моделирования ситуации. Лабораторный эксперимент был заложен в летний период 2022 г. (июль-август). Его длительность составила 50 суток. В качестве почвенного образца был взят чернозём обыкновенный (товарный, идентичный природному). Почву размещали в 15 сосудов, в количестве 1 кг.

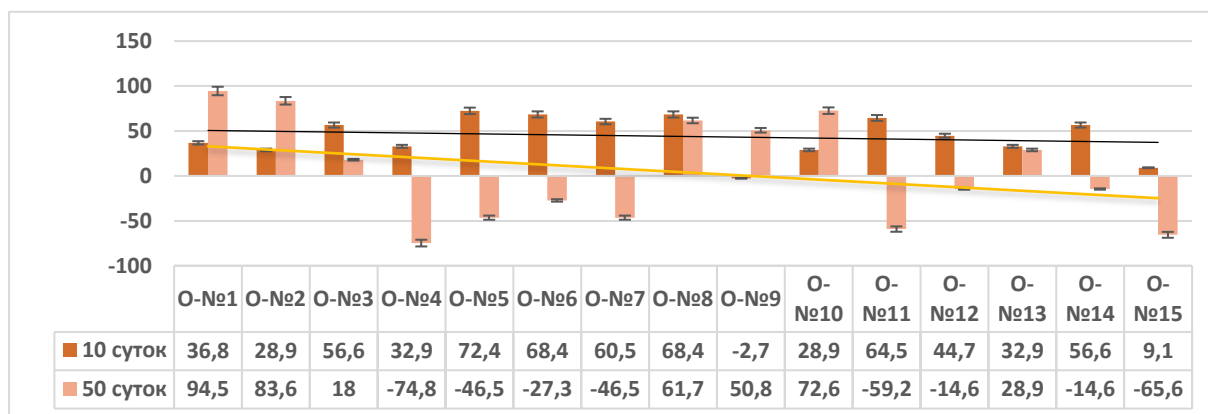
В качестве вещества загрязнителя выступало минеральное моторное масло (товарное, марки Lukoil standard.15W-40). Его выбор обусловлен тем, что данный вид нефтепродуктов представляет собой первичную перегонку нефти, имеет минимальное количество примесей, широко применяется в технике на нефтяных промыслах, используется при значительных диапазонах температур. Для реабилитации загрязненной почвы использовались сорбенты (доломитовая мука, цеолит с посевным материалом грибов рода *Метаризиум*), биопрепарат (марка Bionex Oil Solvent, с содержанием консорциума анаэробных микроорганизмов в количестве 150×10^6 КОЕ/гр.) и растения (овёс обыкновенный (*Avena sativa*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), люцерна изменчивая (*Medicago x varia Martyn*) и их различные комбинации. Выбор данных способов продиктован существующими исследованиями (см.[1],[4]) и нормативами (ГОСТ Р 57447-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия).

Загрязнение почвы происходило посредством добавления во все образцы одинакового количества нефтепродукта - 3000 мл/кг., что может соответствовать умеренно-опасной степени загрязнения, согласно классификации Ю.И.Пиковского [6] и принятых нормативов. Так, например, в Санкт-Петербурге для территории нефтехранилищ установлено значение ПДК по нефти и нефтепродуктам равное 2000 мл/кг. В Татарстане используется градация загрязнения близкая к Ю.И. Пиковскому, в частности значения от 2000 до 3000 мг/кг соответствуют среднему уровню, от 3000 до 5000 мл/кг – высокому и более 5000 мл/кг означают очень высокий уровень загрязнения [8]. На выбор концентрации загрязнения также повлияла работа Т.Г. Кольцовой и др. Исследуя проблемы нефтяного загрязнения чернозёмов авторы пришли к выводу, что концентрация нефти и её продуктов в размере 2,7 г/кг в чернозёме типичном, а также 2,3 г/кг в чернозёме оподзоленном не приводит к токсическому действию, в отношении растений [3]. Через сутки после загрязнения в образцы вносились фито-и-биоремедианты, а также сорбенты, согласно инструкциям производителя или же исходя из площади образца. Сосуды, в которых высаживались растения инкубировались для улучшения эффекта всхода.

В течении всего эксперимента на регулярной основе вносились азотно-калиево-фосфатные удобрения (каждые 7 суток согласно инструкции производителя), также производилось увлажнение почвы (по мере необходимости) и аэрирование (рыхлением, по мере необходимости). Среди основных показателей учитывались рН, температура почвы, освещённость и влажность почвы (замеры проводились прибором Мегеон-35300). Важность указанных параметров при биоразложении нефти и нефтепродуктов отмечена во многих исследованиях (см., например, [4-5]). Оценка же эффективности восстановления проходила посредством определения фитотоксичности, через каждые 10

суток. Анализ фитотоксичности как вид исследования является одним из ключевых, наиболее экономичных и достаточных при подобных работах.

Для анализа использовался метод биотестирования, разработанный в ИФХиБПП РАН. Суть метода заключается в оценке степени гибели семян клевера ползучего. Проведение анализа проходит по следующей схеме: естественно увлажнённую отобранную почву весом по 40 г размещали равномерно в чашки Петри; после высевали 35 семян клевера и увлажняли почву до 60-80%; чашки Петри инкубировали при комнатных условиях. По аналогии было приготовлено 3 чашки Петри с фильтровальной бумагой, которые играют роль контрольных. Сами образцы выдерживались 5-7 суток, с поддержанием достаточной влажности. После чего производился подсчёт проросших семян. Расчёт же показателя фитотоксичности происходил по формуле: $\Phi = 100 - N \times 100 / N_0$, где, Φ – показатель фитотоксичности (%), N – число проросших семян, N_0 – среднее значение проросших семян в контрольных образцах. При этом учитывалось, что значение показателя фитотоксичности ниже 20% свидетельствует о условно безопасном (низком или приемлемом) уровне загрязнения, а отрицательное значение указывает на отсутствие поллютанта в почве или же его значение крайне мало, что позволяет говорить



об очищении почвы [2,7]. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

Рисунок 1. Оценка фитотоксичности в начале и конце эксперимента (в %)

Выводы

Данное исследование показало следующее: использование сорбентов позволяет очищать почву от нефтепродуктов лишь временно, что приводит к необходимости их добавления как только снимается очищенный слой. Это связано с их поглощательными свойствами, которые ограничены. Так же стоит отметить, что в образце O-№1 на начальных стадиях эксперимента наблюдалось снижение концентрации загрязнения, что обусловлено, с большей долей вероятности, процессами самоочищения и улетучивания лёгких фракций. Однако по истечению 50 суток можно было зафиксировать рост загрязнения, так как нефтепродукты аккумулировались в низлежащих горизонтах и процессы самоочищения замедлялись. Проводимый опыт подтвердил эффективность био- и фиторемедиантов. При этом стоит учесть, что эффективность применения биопрепарата напрямую связана с добавлением удобрений и самого препарата на регулярной основе, что позволяет поддерживать микробные процессы разложения. Без этого биоремедиация представляется не столь эффективной. Применение фиторемедиантов показало, что овёс обыкновенный стоит использовать на первичных

стадиях очистки, так как впоследствии от становится доминирующей культурой и способен подавлять рост иных растений. Использование мятлика лугового и люцерны изменчивой в качестве фиторемедиантов эффективно в случае доочистки почвы или же, если они используются как основные компоненты при отсутствии других растений. В отношении мятлика лугового стоит также иметь ввиду, что наибольший эффект достигается в случае если его высаживать по истечению 10 суток, так как период его активного роста составляет в среднем 20-30 суток. В целом же эксперимент также определил наиболее предпочтительные сочетания, которые позволяют достичь значительного эффекта очищения. В частности, наиболее устойчивую тенденцию к снижению загрязнения показали О-№4, О-№5, О-№6, О-№7, О-№11, О-№12, О-№14, О-№15, в которых присутствовали отмечаемые растения в различных комбинациях и биопрепарат, что говорит о достаточно высоком потенциале биологических методов восстановления.

Библиография

1. Высоцкая Л.Б., Архипова Т.Н., Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Ахтямова З.А., Иванов Р.С., Тимергалина Л.Н., Кудоярова Г.Р. Сравнение реакции растений различных видов на нефтяное загрязнение // Биомика. 2019. Т.11(1). С. 86 – 100. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2019-06
2. Зиннатшина, Л. В. Экологическая оценка влияния натуральных сорбентов на эффективность биоремедиации нефтезагрязнённой серой лесной почвы : дисс ... канд биол наук : 03.02.08; 03.02.13 / Зиннатшина Лидия Викторовна;. - Пушкино, 2019. - 161 с.
3. Кольцова Т.Г., Сунгатуллина Л.М., Григорьян Б.Н., Петров А.М. Оценка фитотоксичности чернозёмных почв в условиях нефтяного загрязнения // Вестник Казахского технологического университета. – 2014. - №17(15). – С.261-267
4. Коршунова Т.Ю. Микробиологические технологии ликвидации нефтезагрязнений в различных климатических условиях: дисс... д-р биол. наук: 03.01.06, 03.02.03. Уфа, 2019. – 437 с.
5. Нефтезагрязненные биогеоценозы (Процессы образования, научные основы восстановления, медико-биологические проблемы): монография / А. А. Оборин [и др.]; УрО РАН; Перм. гос. ун-т; Перм.гос.техн.ун-т. – Пермь, 2008. – 511 с.: ил
6. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде / Ю. И. Пиковский. - М. : Изд-во МГУ, 1993. - 206,[1] с.
7. Стрижакова Е.Р., Петриков К.В., Фадеев С.Н. и др. Влияние углеродного сорбента на скорость детоксикации почвы, загрязненной дизельным топливом // Материалы по изучению русских почв. – 2009. – Т.6. №33. – С.134-137
8. Цомбуева, Б. В. Влияние деятельности нефтедобывающего комплекса на загрязнение земель юго-востока Республики Калмыкия : дис ... канд хим наук : 03.02.08 / Цомбуева Баира Викторовна. - Иваново, 2017. - 155 с.
9. Яковлев А. Л., Савенок О.В. Нарушения экологической безопасности при интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2017. – № 1. – С. 50-54

Эколого-экономическая оценка природных ресурсов, как фактор обеспечения стратегии устойчивого развития территории. Бажинова К.Д. (МГРИ, bajinovakd@yandex.ru), Экзарьян В.Н. (МГРИ, vnekzar@rambler.ru)*

Аннотация

Экономические цели всегда были путеводной звездой человеческого общества – при решении любых проблем. Но человеку для существования необходима здоровая среда. И поэтому, как бы ни были значимы экономические цели, они меркнут перед экологическими потребностями. До недавнего времени экономические устремления не были ограничены ничем. Исторически совсем недавно заговорили об экологических ограничениях экономического роста.

В данной работе были разработаны предложения по обеспечению стратегии устойчивого развития и рационального природопользования на различных иерархических уровнях на основе эколого-экономической оценки природных ресурсов.

Ключевые слова

Эколого-экономическая оценка, природные ресурсы, устойчивое развитие, природно-ресурсный потенциал территории

Теория

Актуальность эколого-экономической оценки природных ресурсов была осознана во многих странах мира несколько десятилетий назад. Например, в ряде развитых стран (Франция, Италия, Норвегия, Испания и др.) ведется детальный учет природных ресурсов и состояния окружающей среды в натуральных эколого-экономических показателях, составляются различные типы экологических и ресурсных балансов, на основании которых устанавливаются оптимальные параметры и ограничения устойчивого развития. В то же время в странах, располагающих значительными запасами рыночных природных ресурсов (США, Канада, Австралия, Бразилия, Индонезия и др.), наиболее широко применяются преимущественно экономические методы эколого-экономической оценки природных ресурсов [1].

Руководствуясь концепцией устойчивого развития Правительством РФ в 1993–1997 гг. в виде эксперимента в ряде субъектов РФ отрабатывались вопросы учета и социально-экономической оценки природных ресурсов с учетом экономических параметров (Московская, Ленинградская, Иркутская и Ярославская области). По ряду причин внедрение этих оценок в целом по России не получило широкого применения [3].

В настоящее время необходимость эколого-экономической оценки природных ресурсов в России осознается на самом высоком уровне. В Экологической доктрине Российской Федерации (2002) в качестве 1-го из главных экономических и финансовых механизмов по обеспечению рационального природопользования и охраны окружающей среды предусмотрено включение в экономические показатели полной и все возрастающей ценности природных объектов и экологических услуг и их учет при

принятии управленческих решений. Наблюдается постоянный рост роли эколого-экономической оценки природных ресурсов, как элемента системы государственного управления природно-ресурсным потенциалом РФ. В связи с этим возрастает роль эколого-экономической оценки природных ресурсов, как элемента системы государственного управления природно-ресурсным потенциалом территории страны [4].

Эколого-экономическая оценка природных ресурсов представляет собой определение в стоимостном выражении их ценности в фиксированных социально-экономических условиях производства при заданных режимах природопользования и экологических ограничениях на хозяйственную и иную деятельность.

Эколого-экономическая оценка природных ресурсов производится с целью: обоснования стратегий, долгосрочных и среднесрочных планов социально-экономического развития РФ и ее субъектов; включения показателей эколого-экономической оценки природных ресурсов в систему социально-экономических отношений в обществе; эффективного управления природными ресурсами; учета стоимости природных ресурсов в составе экономических активов страны; решения всего комплекса вопросов, связанных с рациональным использованием природных ресурсов

Наметились два подхода к решению проблемы эколого-экономической оценки природной среды [4]:

Первый подход основан на отражении экономических результатов использования природных ресурсов, условно его можно назвать оценкой ресурсов.

Второй подход рассматривает экономические последствия влияния на окружающую природную среду.

Ряд экономистов основой эколого-экономической оценки предлагают считать величину нанесенного природной среде экономического ущерба, выраженного в стоимостных оценках [4].

Для проведения корректной эколого-экономической оценки следует помнить, что относится к категории природные ресурсы, а что к категории природные условия [4].

Несмотря на это, на сегодняшний день, по мнению авторов, отсутствуют объективные методы, которые позволяют оценить природные ресурсы и условия, а также отсутствуют единые подходы к их определению. В настоящее время возникает сложность локализации природного ресурса как объекта эколого-экономической оценки.

Для этих целей необходимо учитывать эколого-экономическую оценку природных ресурсов, как основного элемента системы государственного управления на различных иерархических уровнях страны [2].

В данной работе авторами были разработаны предложения по обеспечению стратегии устойчивого развития и рационального природопользования на различных иерархических уровнях страны на основе эколого-экономической оценки природных ресурсов.

Стратегия устойчивого развития и рационального природопользования нашей страны должна, по мнению авторов, соответствовать принципам управления природно-ресурсным потенциалом РФ на 3-х иерархических уровнях (рисунок 1).

СИСТЕМА ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ТЕРРИТОРИИ	
УРОВНИ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ	ЦЕЛИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ	<ul style="list-style-type: none"> - учет эколого-экономической стоимости природных ресурсов на федеральном уровне; - обоснование приоритетных направлений освоения природно-ресурсного потенциала для построения прогнозов социально-экономического развития страны; - оценка природно-ресурсного потенциала страны в составе национального богатства страны.
РЕГИОНАЛЬНЫЙ	<ul style="list-style-type: none"> - учет эколого-экономической стоимости природных ресурсов на региональном уровне; - определение ограничений природопользования в конкретном регионе; - укрепление межрегиональных связей в плане обмена природными ресурсами, избыточными или недостаточными в конкретных регионах страны; - обоснование направлений воспроизводства природно-ресурсного потенциала в конкретном регионе, включая поиски альтернативных источников сырья и энергии, экстенсивное воспроизводство минеральных-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, культивирование биологических ресурсов, формирование отрасли переработки вторичных ресурсов и отходов.
ЛОКАЛЬНЫЙ	<ul style="list-style-type: none"> - учет эколого-экономической стоимости природных ресурсов на муниципальном уровне; - обоснование сохранения природных ресурсов, обеспечивающих жизнедеятельность населения конкретной территории; - обоснование допустимых потерь природных ресурсов при их использовании; - определение ограничений природопользования в границах конкретной территории; - выбор варианта использования природных ресурсов (альтернативных) на конкретной территории; - определение способов переработки вторичных отходов на конкретной территории.

Рисунок 1. Система государственного управления природно-ресурсным потенциалом территории.

Основными целями экономической оценки природных ресурсов на муниципальном уровне являются: обоснование допустимых потерь природных ресурсов; обоснование сохранения природных ресурсов, обеспечивающих жизнедеятельность населения конкретной территории; определение ограничений природопользования в границах конкретной территории; выбор варианта использования природных ресурсов (альтернативных) на конкретной территории.

Основными целями экономической оценки на региональном уровне являются: укрепление межрегиональных связей в плане обмена природными ресурсами, избыточными или недостаточными в конкретных регионах страны; определение ограничений природопользования в конкретном регионе; обоснование направлений воспроизводства природно-ресурсного потенциала в конкретном регионе, включая поиски альтернативных источников сырья и энергии, экстенсивное воспроизводство минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, культивирование биологических ресурсов, формирование отрасли переработки вторичных ресурсов и отходов.

Основными целями экономической оценки на федеральном уровне являются: оценка природно-ресурсного потенциала страны в составе национального богатства по методологии системы национальных счетов (СНС); обоснование приоритетных направлений освоения природно-ресурсного потенциала для построения прогнозов социально-экономического развития страны.

Выводы

Стратегия устойчивого развития и рационального природопользования РФ должна соответствовать принципам управления природно-ресурсным потенциалом страны на 3-х иерархических уровнях: муниципальном, региональном и федеральном.

Таким образом, на основе разработанных предложений по обеспечению стратегии устойчивого развития и рационального природопользования на различных иерархических уровнях посредством эколого-экономической оценки природных ресурсов:

- Муниципальный уровень должен отражать приоритеты общенационального развития и при этом учитывать специфику и интересы конкретной территории (область, район).

- Региональный уровень должен обеспечивать воспроизводство природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности и социальной стабильности конкретного региона.

- Федеральный уровень должен обеспечивать укрепление экономических позиций России в системе мирохозяйственных связей на международной арене, а также оценку природно-ресурсного потенциала в составе национального богатства страны.

Эколого-экономическая оценка природных ресурсов, основанная на ценностных отношениях устойчивого природопользования, в наибольшей степени выражает народнохозяйственное значение природно-ресурсного потенциала государства и его роль в национальном богатстве.

Благодарности

Выражаю благодарность заведующему кафедрой экологии и природопользования, доктору геолого-минералогических наук, профессору Экзарьяну Владимиру Нишановичу за всестороннюю поддержку в ходе проведения исследования.

Библиография

1. Гужва Е.Г., Лесная М.И., Кондратьев А.В., Егоров А.Н. Мировая экономика: учебное пособие; СПбГАСУ. СПб., 2009. 116 с.
2. Наполов О.Б., Садов А.В. Эффективность использования природно-ресурсного потенциала в региональном природопользовании субъектов Российской Федерации//Экологические проблемы регионального мониторинга окружающей среды. Вып. II / отв. ред. А.В. Садов, М.: Изд-во РАЕН, 2008 г.
3. Шевчук А.В. Экономика природопользования (теория и практика). М.: «НИА-Природа», 1999, 163 с.
4. Экзарьян В.Н. Эколого-экономические исследования. Обзор. – М.: «Экопром – ЛТД»; 1995г. – 46с.

5. Экологическая доктрина Российской Федерации (одобрена распоряжением Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 1225-р)/Интернет источник: <http://www.scrf.gov.ru/documents/24.html>.

**Современные методы очистки сточных вод на побережье Чёрного моря. Баранова
К.Р.* (МГРИ, minakorei@mail.ru)**

Аннотация

В данной работе рассматриваются современные методы очистки сточных вод на примере ОСК «Адлер» города Сочи. Проведены расчёты нормативно допустимого сброса (НДС) за 2018 год, также были получены расчёты фактической концентрации загрязняющих веществ для анализа влияния очистных сооружений на воды Чёрного моря вблизи Адлерского района.

Ключевые слова

Очистные сооружения, этапы очистки, НДС, загрязняющие вещества

Теория

Очистные сооружения – это комплекс специальных сооружений, предназначенный для очистки сточных вод от содержащихся в них загрязнений. Ведь некоторые хозяйственно-бытовые сточные воды могут содержать токсичные вещества, оказывающие пагубное влияние не только на людей, но и на животных. Это может стать серьезной проблемой для населения и требует немедленного удаления и очистки сточных вод за пределы жилых зон.

В Адлере к 2011 году было завершено строительство очистных сооружений и нового глубоководного выпуска сточных вод с территории Имеретинской низменности и Адлерского района. Это единый комплекс по сбору, очистке и отводу сточных вод, образующихся от существующей и перспективной застройки, включая олимпийские объекты. Технические решения, предусмотренные в проектной документации Адлерских очистных сооружений, отвечают требованиям НДТ. Вместо хлорсоединений на новых очистных комплексах применяется ультрафиолетовое обеззараживание. Это наиболее эффективный и экологичный способ дезинфекции.

Основной деятельностью ОСК «Адлер» является прием и очистка сточных вод от абонентов, расположенных в Адлерском районе г. Сочи и выпуск очищенных сточных вод.

Технологическая схема очистки сточных вод предусматривает предварительную механическую очистку, полную биологическую очистку, доочистку и обеззараживание очищенных сточных вод (рис.1). Глубоководный выпуск предназначен для сброса очищенных сточных вод от Адлерских очистных сооружений. Его общая протяженность – 3660 м., располагается в Адлерском районе г. Сочи. Для наилучшего обеспечения смешивания сточных вод с морскими предусмотрено устройство рассеивающего выпуска с 17 насадками диаметром 300 мм [2].

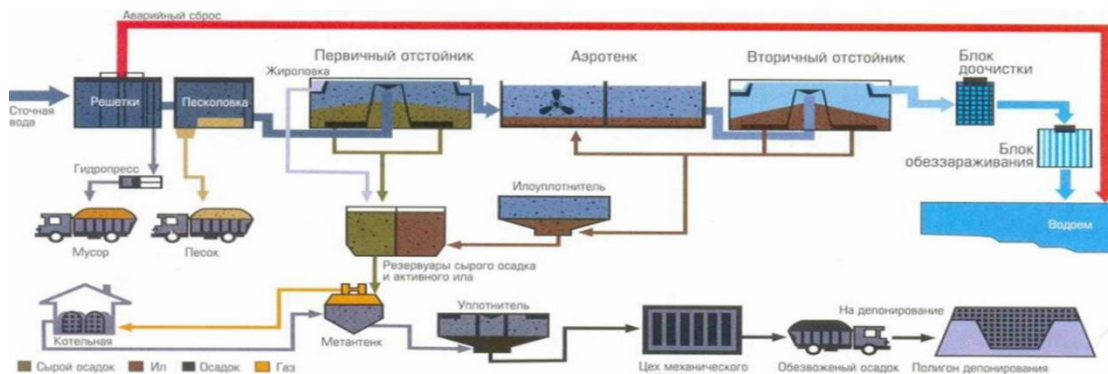


Рисунок 1. Схема очистки «Ночных вод»

Узел механической очистки включает себя четыре напорных трубопровода диаметром 800 мм. Из приемной камеры сточные воды направляются по шести каналам и поступают в здания решеток, где располагаются решетки грубой и тонкой очистки. Отбросы с решеток уплотняются и перемещаются в шнековый транспорт для дальнейшей утилизации. Для дополнительного удаления остаточного фосфора предусмотрен узел реагентного осаждения, установленный в здании решеток. После здания решеток сточные воды по лоткам поступают в аэрируемые горизонтальные пескожироловки, где проходят очистку от механических примесей. Песок, осевший в приемке песколовок, удаляется периодически при помощи песковых насосов. После каждой аэрируемой песколовки сточные воды собираются в лоток, а затем поступают на осветление в первичные отстойники. После песколовок установлено измерительное устройство для контроля распределения сточных вод по технологическим линиям. Удаление осадка из отстойников производится на насосной станции сырого осадка. Всплывающие вещества задерживаются при помощи полупогружных досок, укрепленных перед переливным бортом сборного лотка [2].

После механической очистки сточные воды поступают на биологическую очистку в аэротенки. Биологическая очистка спроектирована с использованием технологии нитрификации и денитрификации. Смесь сточных вод с активным илом последовательно проходит обработку в зонах перемешивания (анаэробные и бескислородные условия) и зонах аэрации. Сточные воды после первичных отстойников поступают в распределительные камеры аэротенков, в которых сточные воды делятся между двумя секциями аэротенков. Для поддержания иловой смеси во взвешенном состоянии в зонах перемешивания предусмотрены погружные механические мешалки, в зонах аэрации – торообразные аэраторы. После аэротенков иловая смесь подается для отстаивания в восемь вторичных отстойников. Иловая смесь после аэротенков направляется в распределительную чашу вторичных отстойников. Осевший активный ил удаляется при помощи илососного механизма под действием гидростатического давления. Регулирование количества удаляемого осадка (активного ила) производится при помощи шиберных устройств, установленных в иловых камерах. Активный ил в самотечном режиме поступает в насосную станцию циркуляционного ила [2].

При доочистке и обеззараживании осветленные биологически очищенные сточные воды, после вторичных отстойников поступают, на доочистку, которая осуществляется на барабанных дисковых фильтрах, установленных в корпусе доочистки и обеззараживания. На доочистку сточные воды подают в самотечном режиме. Фильтры работают на основе проверенного принципа барабанного фильтра. Каждый диск состоит из взаимозаменяемых сегментов сита из нержавеющей стали. Сточные воды,

подлежащие очистке, протекают сквозь сегменты, а фильтрат сливается через заднее отверстие фильтра. Когда сопротивление фильтра повышается, включается режим промывки фильтра.

Промывка осуществляется промывными форсунками путем медленного вращения фильтрующих дисков. После сооружений доочистки стоки подаются на установку ультрафиолетового обеззараживания лоткового типа, размещенную в корпусе доочистки и обеззараживания. Ультрафиолетовое обеззараживание сточных вод производится при помощи лотковых модулей, установленных по 4 штуки в двух каналах. На сборном лотке установлены ультразвуковой расходомер, автоматический пробоотборник, мутномер. Очищенные и обеззараженные сточные воды по сбросному лотку поступают в камеру и далее, по самотечному коллектору, к месту сброса в Черное море.

Проектом был установлен узел обработки осадка сточных вод и избыточного активного ила. Механическое обезвоживание смеси осадка сточных вод и уплотненного избыточного активного ила с дополнительной сушкой. Смесь образующихся осадков аккумулируется в резервуаре осадка перед цехом механического обезвоживания. Избыточный активный ил насосами перекачивается в распределительную камеру илоуплотнителей. Уплотненный ил удаляется при помощи системы илоскребных механизмов с системой низкоградиентного перемешивания. Уплотненный избыточный активный ил через регуляторы выпуска осадка самотеком поступает в резервуар перед цехом механического обезвоживания осадка, который представлен тремя технологическими линиями [2].

Очистка сточных вод представляет собой сложный процесс. Он соответствует современным технологиям очистки. Изучив технологическую схему очистки сточных вод, можно сказать, что данные сооружения показывают высокую эффективность работы, кроме очистки фосфора фосфатов. Нельзя оценить качество очистки таких показателей, как азот нитритный и азот нитратный (табл. 1). Данные представлены согласно результатам анализов лабораториями ООО «АКВБ-Сочи» и ООО «МАКРО», г. Сочи.

Таблица №1 – Эффективность работы очистных сооружений ОСК «Адлер» за 2018 год [5]

№№ п.п.	Наименование показателя	Средняя концентрация ЗВ до очистки, мг/дм ³	Средняя концентрация ЗВ после очистки, мг/дм ³	Эффективность работы очистных сооружений, %
1.	Взвешенные вещества	144,8	3,94	97,2
2.	БПКп	165	7,47	95,5
3.	Азот аммонийный	27,5	0,61	97,8
4.	Азот нитритный	-	0,03	-
5.	Азот нитратный	-	9,44	-
6.	Фосфор фосфатов	2,31	2,05	11,3
7.	Нефтепродукты	2,92	0,14	95,2
8.	АПАВ	2,00	0,047	97,6

Так же был проведен расчет НДС и фактической концентрации загрязняющих веществ, сбрасываемых в Чёрное море (табл. 2) [4].

Таблица № 2 – Сравнение НДС и фактической концентрации загрязняющих веществ по годовому расходу за 2018 год

№№ п.п.	Наименование показателя	НДС, т/год [1]	С _{факт.} , т/год [1]
1.	Взвешенные вещества	153.3	100,375
2.	БПКп	186.1	122,275
3.	Азот аммонийный	80.85	52,925
4.	Азот нитритный	2.26	1,480
5.	Азот нитратный	184.3	121,727
6.	Фосфор фосфатов	56.21	38,325
7.	Нефтепродукты	9.49	6,241
8	АПАВ	1.41	0,913

Как видно по представленной таблице ни один из показателей не превышает и не равен НДС, что показывает эффективность очищения сточных вод от загрязненных веществ [3].

Выводы

В последние годы проблема сточных вод приобретает все большую остроту и актуальность. В процессе хозяйственной деятельности современное общество потребляет значительные объёмы воды, большая часть которой в результате становится загрязненной самыми различными веществами. При их попадании в окружающую среду наносится огромный ущерб, и поэтому они подлежат обязательной очистке. Эффективность очистки сточных вод показывает, что ОСК по большинству показателей справляется с поставленными задачами. Под вопросом остаются – азот нитритный и азот нитратный. Из всех 8 изучаемых показателей низкий процент показал фосфор фосфатов (11,3%). Причина низкой очистки данного элемента может быть в повреждении узла реагентного осаждения, который установлен в здании решеток, но при этом загрязняющие вещества не превышают НДС и ПДК. Основной показатель поступления фосфора фосфатов – хозяйственно-бытовые предприятия. В поступающих стоках содержится фосфор биологического происхождения, а также фосфатные компоненты моющих средств, пищевых продуктов, удобрения и прочее. Если в дальнейшем будет понижаться процент эффективности, то это может привести к загрязнению поверхностных вод Чёрного моря.

Библиография

1. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей, утвержденная Приказом МПР России от 17.12.2007 г. №333.
2. Очистка сточных вод ОСК «Адлер» МУП г. Сочи «Водоканал»
3. Приказ от 13 декабря 2016 года № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года)».

4. Программа производственного экологического контроля для объекта I категории
Очистных сооружений канализации «Адлер» (ОСК «Адлер»)

Проект нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водный объект от очистных сооружений хозяйственно-бытовых стоков МУП г. Сочи «Водоканал». Проблема безопасности и экологии при добыче бокситов на месторождении Дебеле (Гвинея). Барри А.М* (РУДН, alphabaryost95@gmail.com)

Аннотация

Горнодобывающая промышленность на протяжении веков была основным источником занятости и дохода во всем мире, поскольку общества использовали природные ресурсы земли для развития и прогресса. Однако это также опасная и сильно загрязняющая окружающую среду отрасль, представляющая множество проблем с точки зрения безопасности и охраны окружающей среды. Добыча бокситов (Al_2O_3) из открытых шахт, например, сопряжена с рядом проблем безопасности и охраны окружающей среды, которые необходимо решить.

Ключевые слова

Добыча бокситов; республика Гвинея, Проблема безопасности и экологии, распространение пыли с карьера.

Теория

Гвинея расположена в западной части Африки. На территории Гвинея расположены различные месторождения полезных ископаемых: железной руды, бокситов для получения алюминия, золота и др. (рис. 1).

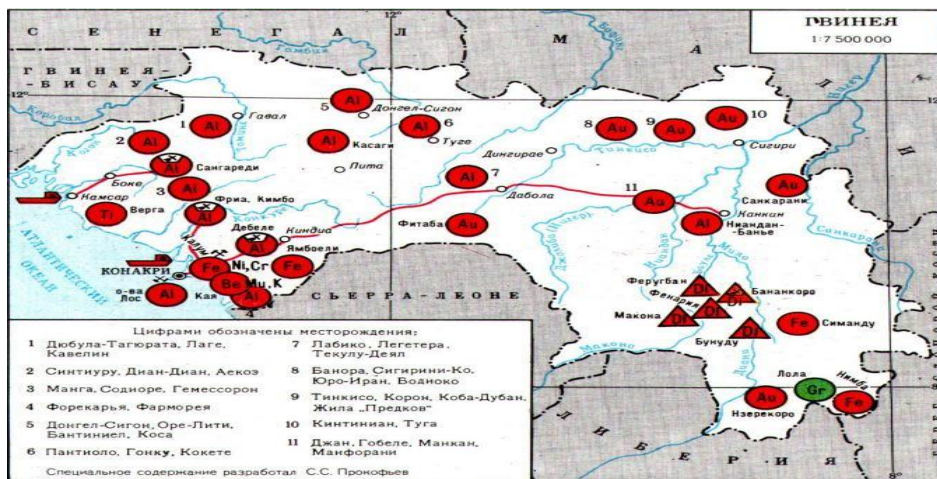


Рисунок 1. Расположение запасов на территории Гвинеи [1].

При этом по количеству запасов бокситов Гвинея находится на первом месте (рис. 2), а по добыче на четвертом. При этом добычей бокситов в стране занимаются крупнейшие мировые компании. Одна из России – компания Русал. Компания разрабатывает карьеры в г. Дебеле (с 1979 года) и г. Фрия (с 1957 года). Руда полностью перерабатывается на реконструированном Руссалом заводе и по железной дороге (145км) транспортируется в порт Конакри [1].

Процесс добычи, транспортировки и обогащения являются большим источником загрязнения окружающей среды. При этом существенно влияют климатические условия (жаркая сухая погода) [2].

При транспортировке и перегрузки в порту столица Гвинеи город Конакри также покрывается пылью.

Добыча руды осуществляется открытым способом (рис. 2а). Глубина залегания практически от поверхности, с небольшим слоем плодородной почвы сверху, до глубины 40 м (рис. 2б) [1].

Боксит

это алюминиевая руда, которая добывается в крупных карьерах открытым способом и на ленточных рудниках. Добыча бокситов может оказать значительное воздействие на окружающую среду. Остатки бокситов, или "красный шлам", являются токсичными побочными продуктами процесса, состоящими из оксидов железа и алюминия, пыли и других загрязняющих веществ. Эти остатки загрязняют водные пути и могут вызвать долгосрочные проблемы со здоровьем у близлежащего населения и нанести ущерб флоре и фауне. Это также влияет на качество воздуха; бокситы и другие твердые частицы при попадании в атмосферу образуют пылевое облако. Эта пыль может нанести ущерб экосистемам и вызвать затруднение дыхания, раздражение кожи и другие проблемы со здоровьем [4].

Безопасность шахтеров также является серьезной проблемой при добыче бокситов. Открытый характер процесса извлечения является особенно рискованным из-за масштабов операций и размеров используемых машин и оборудования. Риск несчастных случаев повышается из-за работы в запыленной атмосфере, а также из-за присутствия опасных газов, таких как монооксид углерода. Кроме того, у шахтеров могут развиваться проблемы со здоровьем в результате длительного воздействия этих условий [3].

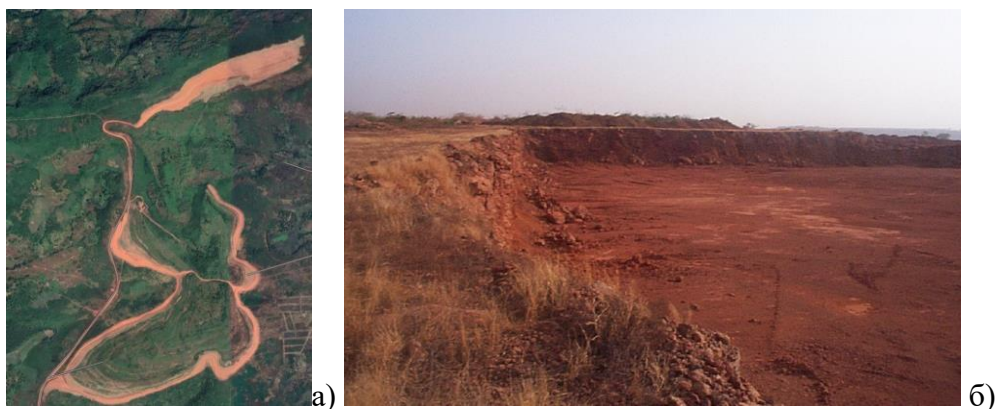


Рисунок 2. Фото карьера вид сверху (а) и фото уступа (б)

Применяется рыхление бульдозерами, взрывные работы, экскавация в крупнотоннажные автомобили с транспортировкой по грунтовым дорогам до фабрики. Эти процессы являются основными в загрязнении атмосферы пылью. Эта пыль негативно влияет на здоровье горнорабочих [4].

Для снижения негативного воздействия на окружающую среду и близлежащие населенные пункты (рис. 3а), на карьерах активно занимаются озеленением (рис. 3б).



б)

Рисунок 3. Фото озеленения на карьере (а) и фото загрязнений в городе (б)

На данный момент проводятся исследования по влиянию естественного проветривания на вынос и распространение пыли с карьера. Мною построены розы ветров по месяцам (пример приведен на рис. 4). Полученные результаты позволяют сделать вывод о преобладающем Западном и Юго-Западном направлении ветров. При этом если посмотреть на карту только один из трех населенных пунктов попадает в зону выноса пыли.

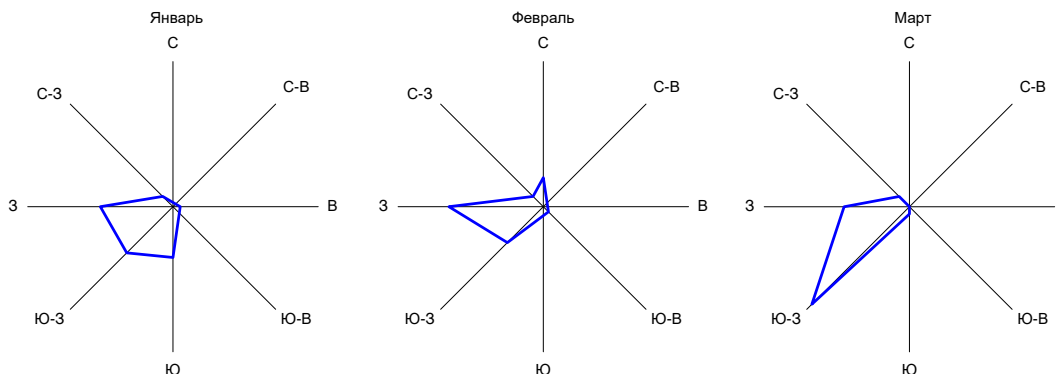


Рисунок 4. Пример розы ветров

Рекомендуемые стратегии удаления пыли

1. Учитывайте источник пыли, направление ветра, расположение человеческого сообщества, расположение дорог, инвентарь, а также здания и лагеря, занятые минами.
2. Неоткрытые дороги и рабочие зоны с водой.
3. Уменьшите скорость, проверьте предел нагрузки и принудительно перезапишите загрузку.
4. Используйте меры по удалению пыли для распыления отложений руды.
5. При погрузке, перемещении и утилизации бокситов уменьшите высоту спуска и прикрывайте встречный ветер.
6. Рассмотрите возможность использования спринклерных систем для удаления пыли; а в пункте перегрузки накройте транспортное оборудование и установите систему орошения.

В настоящее время также разрабатываются решения по изменению технологии ведения горных работ и системы разработки с целью снижения негативного влияния пыли на горнорабочих в карьере[4].

Выводы

Учитывая широкий спектр рисков для безопасности и окружающей среды, связанных с добычей бокситов, крайне важно, чтобы применялись наилучшие практические меры безопасности и охраны окружающей среды и регулярно проводился аудит. Правительствам и горнодобывающим компаниям следует обеспечить принятие надлежащих мер безопасности. Это может включать использование защитных средств, таких как маски и респираторы, а также газовых и пылевых мониторов. Кроме того, важно внедрить меры по борьбе с пылью, такие как водовозы и закрытые кабины на горном оборудовании. Также следует ввести в действие правила, направленные на снижение уровня шума и загрязнения воздуха.

Управление красной грязью также является ключевой областью, вызывающей озабоченность. Эти токсичные отходы должны быть изолированы и храниться на закрытых свалках, вдали от источников воды. Бокситовая промышленность также должна реализовать программу рекультивации любых земель, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых. Это должно включать реабилитацию земли.

Библиография

1. Минералогия бокситов месторождений Дебеле и Сангареди, Гвинея/^{^^}удонснве формации зоны гипергенеза*. Тезисы Всесоюз. совещания.Л-д, 1990, С-25-26. (Совместно с А.Д.Слукиным, А.В.Громовым и Р.В.Боярской).
2. Минералогический состав бокситов месторождения Дебеле//Прикладные и экологические аспекты 'минералогии.-Звенигород, 1991. (Совместно с А.В.Громовым)-С. 107-108.
3. Панкевич Ю.Б., Самойлов Ю.А. Опыт применения и перспективы развития экологически безопасных технологий открытой разработки с использованием комбайнов Surface Miner// Горный журнал.-1992.-№6.-С.49-53.
4. Правила охраны недр (утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 06.06.03г, No71, зарегистрированы Минюстом России от 18.06.03г.,No 4718).

Геоэкологические условия освоения Бованенковского месторождения. Баянова Е.А.*
(МГРИ, bayanova-k@list.ru), Щерба В.А. (МГРИ, shcherba_va@mail.ru)

Аннотация

В работе оценивается влияние нефте- и газодобывающей отрасли на компоненты окружающей среды, на примере Бованенковского месторождения. Изучены условия освоения углеводородных ресурсов исследуемой территории. С целью снижения негативного влияния предприятий нефтедобывающей отрасли на окружающую среду необходимо использовать современные технологии разработки месторождений, утилизировать отходы бурения, проводить рекультивацию нарушенных земель, а также осуществлять контроль состояния компонентов природной среды.

Ключевые слова

Добыча нефти и газа, геоэкологические условия, техногенная нагрузка, компоненты окружающей среды.

Теория

Добыча нефти и газа в Западной Сибири на протяжении многих лет является одной из ведущих отраслей промышленности Российской Федерации. Перспективным регионом для развития нефтяной и газовой отрасли является полуостров Ямал. Одним из самых крупных месторождений является Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) – его начальные запасы природного газа составляют 4,9 трлн куб. м [1,2].

Бованенковское НГКМ расположено на Западно-Сибирской равнине, в основании которой лежит Западносибирская плита. В строении северной части Западно-Сибирской плиты четко выделяются два яруса: нижний — фундамент плиты и верхний — мезокайнозойский платформенный чехол. Фундамент плиты сложен сильнодислоцированными метаморфизованными геосинклинальными докембрийскими и палеозойскими образованиями, перекрытыми орогенными и полуплатформенными осадочными и эффузивно-осадочными отложениями верхнего палеозоя и нижнего мезозоя. Платформенный чехол плиты состоит из двух структурных этажей: нижний образован отложениями мезозоя и раннего кайнозоя, а верхний — более молодыми, позднекайнозойскими отложениями. Рельеф Бованенковского НГКМ представляет собой четко террасированную аккумулятивную равнину с высотами до 55 м над уровнем моря. Данные формы рельефа, сложенные льдистыми мерзлыми грунтами в приповерхностном слое, подвержены активному воздействию криогенных процессов. В орографическом отношении площадь сильно изрезана оврагами и долинами рек, покрыта озерами и болотами.

На территории месторождения развиты болотно-тундровые, торфянисто-поверхностно-глеевые почвы, тундровые остаточо-аллювиально-гумусовые глеевые почвы. Как следствие сурового климата, широкого распространения многолетней мерзлоты, постоянного переувлажнения почв, почвообразовательный процесс проявляется лишь в слабом накоплении торфа и грубого гумуса в поверхностных

горизонтах. В основной массе растительность тундры представлена мхами и лишайниками. Бованенковское месторождение расположено в области сплошного развития вечной мерзлоты, мощностью до 200–250 м. Деятельный слой на заболоченных участках достигает 0.3–0.5 м и на песчаных – 1.0 м [3].

Для климатического режима рассматриваемого района характерны суровая продолжительная зима, крайне короткое прохладное лето и затяжные переходные сезоны – весна и осень, короткий безморозный период. Среднегодовая отрицательная температура составляет минус 11°C [2].

Добыча нефти и газа оказывает значительное негативное влияние на окружающую среду. При строительстве техногенных объектов происходит неизбежное геомеханическое воздействие на природно-территориальный комплекс. В результате такого воздействия возможна частичная или полная перепланировка рельефа с нарушением природного микро- и мезорельефа. По мере эксплуатации промышленных и жизнеобеспечивающих структур (вахтовые посёлки, промбазы, трубопроводы и т.д.) рельеф будет видоизменяться: вместе с образованием его антропогенных форм активизируются рельефообразующие процессы. Особое внимание следует обратить на криогенное рельефообразование, при котором возможно, как оттаивание, так и промерзание пород. При строительстве линейных объектов (магистральные газопроводы, автодороги, ЛЭП и т.д.) создаётся барьер для путей миграции водных потоков, что может приводить к заболачиванию местности и образованию болот. Линейные сооружения большой протяженности пересекают участки с различными температурными и влажностными режимами многолетнемерзлых грунтов [4].

Площадь отдельных залежей пластового льда в пределах Бованенковского НГКМ составляет не менее 18-20 м², а его основание иногда располагается ниже уровня моря. Для стадии освоения месторождения наличие залежей внутри грунтового пластового льда может быть опасным фактором, поскольку в условиях сплошного распространения многолетнемерзлых пород газодобывающие скважины оказывают не точечное, а площадное воздействие на рельеф. Вокруг скважин образуется зона оттаивания, стимулирующая развитие термокарстовых процессов и деградацию многолетнемерзлых грунтов. Образующиеся понижения заполняются водой и при вторичном промерзании развиваются процессы пучения, деформирующие ствол буровой. Возникает риск аварийной ситуации. Вытаивание льда может привести к коренной перестройке рельефа, уничтожению ландшафта и возможному затоплению морем значительной территории.

Механическое воздействие на почвы способно привести к частичному или полному уничтожению растительного покрова. Из-за труднодоступности районов и отсутствия развитой автодорожной сети, для доставки строительных материалов или перемещения людей на дальние расстояния используют гусеничный транспорт. При передвижении он срезает гусеницами верхний теплоизолирующий слой торфа, способствуя активизации процессов оттаивания многолетнемерзлых грунтов. В результате сильной нагрузки (перемещение буровых установок, планирование дорожной сети, разработка месторождений и т.д.) возможно полное уничтожение растительного покрова. Это вызывает разрушение первичных сообществ, смену или полную деградацию растительных сообществ, увеличение обводненности территории, активизацию эрозионных и криогенных процессов.

Освоение нефте- и газоносных месторождений обуславливает специфику химического воздействия на природные объекты полуострова. К наиболее значимым последствиям следует отнести: загрязнение воды, донных осадков и почв, вызванное разливами нефти при авариях на внутри промысловых трубопроводах, создание шламохранилищ. Главными источниками химического загрязнения на территории нефтегазоконденсатных месторождений являются буровые скважины, устьевое оборудование, промплощадки, взлетно-посадочные площадки, транспортные средства и различные линейные объекты (подъездные автодороги, сборные трубопроводы, ингибиторопроводы) [5].

По мере увеличения интенсивности нефте- и газодобычи на полуострове, усиливается антропогенное влияние на ландшафты Ямала. Даже не затронутые освоением они находятся под косвенным влиянием деятельности человека. Один из компонентов природной среды, подвергающийся негативному воздействию при загрязнении тяжелыми металлами (ТМ), – почвенный покров. В почве происходит аккумуляция, трансформация и миграция химических элементов – все эти процессы могут быть нарушены при увеличении концентраций ТМ. Их накопление нарушает физико-химическое равновесие природной системы: изменяется величина рН, разрушается почвенный поглощающий комплекс, нарушаются микробиологические процессы, в результате разрушения структуры ухудшается водно-воздушный режим, деградирует почвенный гумус, и в конечном итоге почва теряет плодородие. Основными источниками поступления ТМ в окружающую среду при нефтегазодобыче являются: буровые растворы, химические реагенты, промывочные жидкости, автотранспорт и минерализованные пластовые воды [4].

В районах развития нефте- и газодобывающей промышленности, помимо содержания тяжелых металлов, важной геохимической характеристикой является количество нефтепродуктов в компонентах экосистем. Почвы способны к естественному самоочищению от нефтяных углеводородов благодаря микроорганизмам, однако этот процесс занимает длительный период времени – 10 – 25 лет. В процессе деградации нефтепродуктов возможна трансформация их компонентов в токсичные соединения, устойчивые к расщеплению.



Рисунок 1. Алгоритм обеспечения геоэкологической безопасности проектируемых природно-технических комплексов [4].

Для новых перспективных газоносных регионов базовым принципом обеспечения геоэкологической безопасности является смена парадигмы "контроль техногенного воздействия" на "предупреждение потенциально опасного воздействия", а фундамент будущей экологической стабильности должен закладываться уже на стадии разработки предпроектных решений в рамках процедуры ОВОС. Надо разработать и реализовать при экологическом обосновании строительства объектов Ямальского газового комплекса последовательность принятия проектных решений, обеспечивающая их соответствие сложным горно-геологическим условиям территории (рис.1).

Выводы

Таким образом, производственно-промышленные комплексы исследуемых территорий уязвимы к воздействию нефте- и газодобывающей отрасли. Степень устойчивости к техногенному воздействию определяется климатическими условиями (температурный режим, циркуляция воздушных масс, колебания температуры и др.), составом почвообразующих пород, особенностями литологического строения почвообразующих пород, гидрохимическим режимом водных объектов, широким распространением многолетнемерзлых пород. Для уменьшения негативного влияния необходимо провести ряд мероприятий: контроль за транспортом, уменьшение складирования отходов, оснащение рабочих мест инвентарными контейнерами для отходов и соблюдение требований местных органов охраны природы, также проводить рекультивацию земель.

Библиография

1. Бородкин В. Н., Курчиков А. Р. Характеристика геологического строения и нефтегазоносности ачимовского нефтегазонасного комплекса Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. – 300 с.

2. Коновалов А. А., Глазунов В. А., Московченко Д. В., Тигеев А. А., Гашев С. Н. Зависимость структуры биоты от климата на территории ямало-ненецкого автономного округа // Вестник Тюменского государственного университета. Сер. Экология, 2014. – № 12. – С. 15–23.

3. Московченко Д. В. Особенности многолетней динамики растительности Бованенковского месторождения (полуостров Ямал) // Вестник Тюменского государственного университета, 2013. – № 12. – С. 57–66.

4. Пыстина Н. Б., Баранов А. В., Листов Е.Л. Геоэкологические аспекты добычи и транспорта газа на полуострове Ямал / Н. Б. Пыстина, А. В. Баранов, Е. Л. Листов и др. — М: Газпром ВНИИГАЗ, 2014. — 103 с.

*Ребристая О. В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. – СПб: Изд-во СПб-ГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 312 с. Геохимические условия геосистем средней части Ахангаранского бассейна. Бекмухамедова М.Х. *(Университет геологический наук, bekmuxamedovamunisa@gmail.com), соавтор Шарипов Ш.М. (Национальный университет Узбекистана, shavkat.sharipov.1977@mail.ru)*

Аннотация

В «Концепции устойчивого развития» ООН особое внимание уделяется необходимости начать решение глобальных экологических проблем на локальном, национальном и региональном уровнях с защиты окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Технический прогресс интенсифицировал темпы освоения природных богатств и недр, а также загрязнение окружающей среды, в результате чего нарушается экологический баланс. В настоящей статье описаны геохимические условия в средней части Ахангаранской впадины, распространенность тяжелых металлов и их влияние на организм человека.

Ключевые слова

Геосистема, зона горнодобывающей промышленности, геоэкологическая ситуация, тяжелые металлы, человеческий организм.

Теория

Не вызывает сомнений, что природопользование должно быть научно обосновано с точки зрения нивелирования возможных угроз для окружающей среды и пагубного влияния на экосистемы. С этой точки зрения в деле охраны окружающей среды очень важно соблюдение научных подходов, принципов и правил.

Сложность горных экосистем базируется на таких закономерностях, как взаимообусловленность составляющих ее природных комплексов, одностороннее направление потоков вещества и энергии, сильная роль гравитации - большого источника энергии и импульса, влияние фактора высоты и изменения комплексов в определенных регионах [1,3].

Бассейн средней части реки Ахангаран целесообразно рассматривать как единую геосистему. Этот природный «резервуар» охватывает бассейн реки Ахангаран и ее притоков, начиная с горных хребтов Чаткал и Курама. Бассейн окружен Чаткалом на севере, Курамскими горными хребтами на востоке и юге и расширяется до Сырдарьи на юго-западе.

Средняя часть бассейна реки Ахангаран состоит из единой геотехнической системы, где получили развитие производственные мощности Узбекистана. Горно-металлургическая промышленность в Алмалыке (рис.1), добыча угля в Ангрене, наличие месторождений цветных и редкометальных руд обусловили создание в этом регионе крупных промышленных предприятий. Здесь расположены большие электростанции (Ангрен (рис.2), Ново-Ангренская ГРЭС), химические (Алмалык), цементные (Ахангарон), резинотехнические, бумажные и другие производственные предприятия. В результате развития промышленности коренным образом изменились природные условия района. Атмосферный воздух, растительность, почва, подземные и

поверхностные воды загрязняются добывающими и перерабатывающими производствами [2].



Рисунок 1. Калмаккирский карьер.



Рисунок 2. Ангренская ТЭЦ.

Активное освоение и добыча ископаемых ресурсов, наряду с развитием промышленности и способствуя наличию рабочих мест, одновременно, приводит к негативным экологическим последствиям, которые тянут за собой социально-экономические проблемы. Высокая плотность промпредприятий и населения является

причиной интенсивных выбросов загрязняющих веществ в воздух, почву и водные источники. Ухудшается качество продуктов питания. В результате у населения этого региона ухудшается здоровье и снижается сопротивляемость к болезням [1].

Минерально-геохимические исследования показывают, что количество вредных металлов в пробах почв несколько раз превышает допустимую норму. В таких условиях необходимо определить закономерности и параметры распространения тяжелых металлов по бассейну, а также изучить и проанализировать механизмы восстановления баланса геосистемы и ее биологических компонентов.

В группу тяжелых металлов входят более 40 видов металлов периодической таблицы элементов Д. И. Менделеева с атомной массой более 50 атомных единиц массы. К таковым можно отнести свинец, цинк, кадмий, ртуть, медь, молибден, марганец, никель, никель, олово, кобальт и другие. «Тяжелые металлы» не являются строгим понятием. Иногда к ним относят неметаллические элементы с атомным весом менее 50, например Мышьяк, Селен, а иногда даже фтор, Бериллий и другие элементы. К тяжелым металлам относятся биорегуляторы и биокатализаторы важных физиологических процессов, многие необходимые и очень важные микроэлементы [4].

Однако увеличение количества тяжелых металлов в геосистемах может быть вредным и даже опасным для живых организмов. Поступление тяжелых металлов в почву бывает естественным (выветривание горных пород и полезных ископаемых, эрозионные процессы, вулканическая деятельность) и техногенным (под влиянием добычи и переработки полезных ископаемых, сжигания топлива, автотранспорта, сельского хозяйства и др.).

Показатели загрязнения почвы тяжелыми металлами включают количество металлов в ее содержании, природу металлов, их химические и вредные свойства, форму химических соединений и др.

Устойчивость почвы к загрязнению зависит от ее гранулометрического состава, количества органического вещества, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, активности микробиологических и биохимических процессов и др. В отличие от других компонентов природной среды почва не только собирает вредные компоненты, но и выполняет роль естественного щита, контролирующего перенос химических элементов в атмосферу, гидросферу и живые организмы. Высокое содержание тяжелых металлов в почве не только вредит находящимся в ней живым организмам и растениям, но и представляет угрозу для здоровья человека через пищевые продукты, выращенные на загрязненных почвах [4].

Выводы

Тяжелые металлы и их соединения, депонированные в почве, накапливаются, рассеиваются или переходят в другие формы в зависимости от особенностей региона и геохимических барьеров. Когда тяжелые металлы интегрально связаны с компонентом почвы, их негативное воздействие на почву и окружающую среду незначительно. При изменении природного баланса в почве становится возможным переход тяжелых металлов в почвенный раствор, и уровень их воздействия на растения и живые организмы через почву резко возрастает.

Библиография

1. Аманбаева З.А. Геоэкологическая ситуация средней части бассейна реки Ахангаран и пути ее оптимизации. Диссертация. Ташкент 2003.

2. Бекмухамедова М.Х. Геохимические условия геосистем средней части бассейна Ахангарона и их влияние на здоровье населения. Диссертация. Ташкент 2017
3. Рафиков В.А. Эколого-географические основы оптимизации взаимоотношений природы и общества. Ташкент. “Munis design group”. 2014.

Шукуров Ш.Р. Оценка влияния антропогенных процессов на геоэкологическое состояние долины реки Ахангаран. Диссертация. Тошкент 2011. Управление водным хозяйством: российский и зарубежный опыт. Белякова М. Д. (МГРИ, maria.belyakova16@yandex.ru), Научный руководитель: Абрамова Е.А. (МГРИ, abramovaea@mgri.ru)*

Аннотация

Приведён сравнительный анализ систем управления водным хозяйством России и Беларуси. Сравнение производится на основе сходства систем управления в данных странах с целью выявления сильных сторон каждой, для выделения показателей «идеальной» системы управления водным хозяйством. Проанализирована законодательная база двух стран. Результаты представлены в виде графического материала.

Ключевые слова

Управление, водные ресурсы, водное хозяйство, законы, устойчивое развитие.

Теория

Управление водным хозяйством является важнейшей проблемой во многих странах, поскольку спрос на водные ресурсы увеличивается в связи с ростом населения, экономическим развитием и изменением климата. Эффективное управление водным хозяйством необходимо для обеспечения устойчивого использования водных ресурсов и предотвращения негативного воздействия. Опыт российской и зарубежной деятельности в области водопользования и охраны окружающей среды говорит не только о целесообразности, но и о необходимости квалифицированных международных сравнений.

Общая организация учёта и статистики использования водных ресурсов в Российской Федерации является одной из наиболее развитых в мире. Базовые принципы государственной политики в сфере водных отношений реализуются органами специальной компетенции, исполняющие государственное управление в области защиты окружающей среды и природопользования в качестве ведущей цели собственной работы (рис. 1) [2].



Рисунок 1. Современная организационно-функциональная структура государственного управления водным хозяйством России

Система управления водным хозяйством в России централизована и находится в ведении Федерального агентства водных ресурсов, которое отвечает за разработку, реализацию и контроль национальной водной политики, а также за управление водными ресурсами. Одним из базовых компонентов системы управления водным хозяйством является, в первую очередь, учёт ресурса. Правовые же основы использования и охраны водных ресурсов изложены в Водном кодексе, который впервые был принят в СССР в 1955 году. Позднее, в 1978 была введена единая система государственного водного кадастра. Спустя время, после распада СССР, в 2007 году на смену водному кадастру пришёл государственный водный реестр. Водный кодекс от 12 апреля 2006 года устанавливает правила водопользования, права на воду, водораспределение и охрану вод, а также предусматривает создание ассоциаций водопользователей и разработку планов управления водными ресурсами [2]. Несмотря на это, российская система управления водным хозяйством сталкивается с многочисленными проблемами, включая старение инфраструктуры, ограниченные финансовые ресурсы и изменение климата, что требует постоянных инвестиций в систему управления водным хозяйством и разработки инновационных решений для обеспечения устойчивого использования водных ресурсов России для будущих поколений [4].

В качестве примера зарубежного опыта в области управления водным хозяйством рассмотрим Беларусь, как бывшего члена СССР, основываясь на открытости и доступности информации, экономическом положении страны и сравнении законодательной базы.

Основными органами в управлении водным хозяйством Беларуси являются Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и его территориальные органы, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и его территориальные органы, Государственный комитет по водным ресурсам, а также местные исполнительные и распорядительные органы власти. Управление водным хозяйством в Беларуси регулируется, также, рядом законов, которые определяют правовые основы управления водным хозяйством, устанавливают порядок использования и охраны водных объектов, регулируют экологические

требования и стандарты, а также устанавливают ответственность за нарушение экологических правил и нормативов.

Основным законом, регулирующим управление водным хозяйством в Беларуси, является Водный кодекс Республики Беларусь, принятый 18 января 2005 года [1]. С 1933 года началось составление Водного кадастра, где систематизировались качественные и количественные характеристики водных ресурсов республики, включены сведения о 130 реках и 15 озёрах. В 1966 году был издан «Первый Водный кадастр Белоруссии и Верхнего Поднепровья», где приводились сведения по 142 рекам и 26 озёрам. Спустя время, после распада СССР, в 1994 году совершенствовалась система ведения государственного водного кадастра, а далее в 2010 году, закрепились постановлением «Положение о порядке ведения государственного водного кадастра», благодаря которому был утвержден порядок ведения государственного водного кадастра, содержащий в себе систематизированные данные о количестве и качестве вод, а также об их использовании. Ответственными органами власти за ведение ГВК являются: республиканский орган государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды, совместно с республиканскими органами государственного управления по гидрометеорологии и здравоохранению. В настоящее время, в республике Беларусь существует 301 пункт наблюдения, размещенные на реках и озерах, осуществляющие мониторинг за качеством поверхностных вод по 40 параметрам [1].

В таблице 1 рассмотрены основные показатели сравнения системы управления водным хозяйством в России и в Беларуси, а также приведен график (рис. 2) [3].

Таблица 1 – Показатели для сравнения в области управления водным хозяйством в РФ и в Беларуси

Показатели сравнения (по данным 2020 года)	Россия	Беларусь
Доля населения, использующее безопасное питьевое водоснабжение (%)	76	95
Доля бытовых сточных вод, прошедших безопасную очистку (%)	13	56
Доля водоемов с хорошим качеством воды в источниках (%)	96	89
Эффективность водопользования (долл. США/м ³)	19	33
Степень внедрения интегрированного управления водными ресурсами (0-100)	88	54
Доля гидрологических бассейнов, демонстрирующих существенные изменения в объёме поверхностных вод (%)	22	6
Площадь водоёмов (км ²)	408 856	2000
Количество водохранилищ (шт)	2650	120
Уровень нагрузки на водные ресурсы: забор пресной воды в процентах от имеющихся ресурсов (%)	4	4,6



Рисунок 2. Сравнительный график показателей в области управления водным хозяйством в России и Беларуси

Можно выделить несколько различий в законодательствах России и Беларуси. Например, Водный кодекс Беларуси устанавливает порядок использования, охраны, защиты и восстановления водных объектов на территории Беларуси, в то время как Водный кодекс России устанавливает тот же порядок, включая мировой океан, моря, внутренние моря, реки, озера, водохранилища и др. В России для использования водных объектов и водных ресурсов установлены особые платежи, которые взимаются с пользователей водных ресурсов, в то время как в Беларуси такой механизм не установлен. В России Водный кодекс устанавливает административную и уголовную ответственность за нарушение законодательства в области водного хозяйства, в Беларуси предусмотрены штрафы.

Выводы

Таким образом, по показателям безопасного питьевого водоснабжения, безопасной очистки бытовых сточных вод, по эффективности водопользования и по забору пресной воды от имеющихся ресурсов, Беларусь имеет более высокие показатели, чем в России. Управленческие решения государства и местных органов управления эффективно реализуются в Беларуси в данных областях. В то же время, в России более высокие показатели по доле водоёмов с хорошим качеством воды в источниках, степени внедрения интегрированного управления водными ресурсами, доли гидрологических бассейнов, демонстрирующих существенные изменения в объёме поверхностных вод, по общей площади водоёмов и количеству водохранилищ.

Эффективное управление водными хозяйством необходимо для обеспечения устойчивого использования этих ресурсов и предотвращения связанных с водой бедствий. Как в России, так и в Беларуси действует законодательство, регулируемое органами власти и приняты меры для решения проблем управления водными хозяйством, но для обеспечения устойчивого и ответственного использования водных ресурсов, необходимо совершенствовать системы. Обмен передовой практикой и опытом между странами может помочь улучшить усилия по управлению водными ресурсами и способствовать устойчивому развитию мировых водных ресурсов [5].

Библиография

1. Водный кодекс Республики Беларусь 30 апреля 2014 г. №149-З: официальный сайт – URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=Hk1400149> (дата обращения: 10.02.2023)
2. Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022) [Электронный ресурс] / Правовой Сервер КонсультантПлюс: Электрон.дан. – М.: Электр. Период. Издание, 1992-2021. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 10.02.2023)
3. Гилберт Ф. Хунгбо. Краткий обзор Доклада о прогрессе 2021 года: ЦУР 6 – водоснабжение и санитария для всех/ Гилберт Ф. Хунгбо // Организация Объединенных Наций - 2021 – URL: https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021_RU.pdf (дата обращения: 10.02.2023)
4. Отечественный и зарубежный опыт управления водопользования/ Пугачева А.А.// Онлайн библиотека: Киберленинка – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otechestvennyy-i-zarubezhnyy-opyt-upravleniya-vodopolzovaniem/viewer> (дата обращения: 10.02.2023)
5. Управление водным хозяйством государства: опыт России и стран мира/Доровская Н. – 2018 – URL: <http://www.cawater-info.net/review/pdf/dorovskaya.pdf> (дата обращения: 10.02.2023)

Экологическая оценка распределения тяжёлых металлов в полосе отвода железных дорог. Бычковский В.А. * (МГРИ, vladimir_mgri@mail.ru),

Аннотация

В данной статье говорится о распределении загрязнения почв тяжёлыми металлами в полосе отвода железной дороги. Это актуально на сегодняшний день, тяжёлые металлы через почву могут попадать в грунтовые воды, а в дальнейшем эта вода окажется питьевой, выкаченной из скважины. На примере территории вблизи платформы Волоколамская МЖД-2 Московской железной дороги будет рассмотрено распределение тяжёлых металлов в зависимости от ширины полосы отвода. С помощью моделирования будет показано распределение загрязнения почвы. Также будет дано несколько рекомендаций по предотвращению попадания тяжёлых металлов в почву.

Ключевые слова

Тяжёлые металлы, почва, загрязнение, железная дорога, полоса отвода

Теория

Тяжёлые металлы негативно влияют на здоровье человека вплоть до летального исхода. Пути попадания в организм человека различные, например, через воду, когда дождевая вода вымывает из почвы и они попадают в грунтовые воды, а затем, через некоторое расстояние, человек может качать из скважины и употреблять эту воду. По весне ситуация обостряется во время снеготаяния, так как за небольшое время в почву попадает огромное количество тяжёлых металлов и сразу вымываются далее в грунтовые воды [1][2][4].

В работе рассматривается участок на северо-западе Москвы, район Митино. В данном месте находится Рижское направление Московской железной дороги, платформа Волоколамская МЖД-2. При выборе места исследования важно было исключить автомобильные дороги, гаражи, предприятия и прочие объекты вблизи железной дороги, чтоб определить негативное воздействие на почвы только от железной дороги. Также данный участок был выбран, так как там интенсивное движение пригородных поездов, а с 2019 года входит в состав МЖД-2 и количество поездов увеличилось.

Пути попадания тяжёлых металлов в почву:

1. Основные: колodka – колесо, колесо – рельс [2];
2. Второстепенные: аккумуляторные батареи, сцепное устройство, контактная сеть [2].

При торможении перед станцией возрастает нагрузка на выше описанные системы возрастает и попадание тяжёлых металлов в почву увеличивается [2].

Методика исследования. Сначала определяется объект, который подходит по выше указанным параметрам, создаём фактический материал. Затем отправляемся на полевые исследования и производим отбор почв у железнодорожного полотна и далее от

него. Участок исследования в длину 200 метров. Ширина 50 метров с каждой стороны от путей. От лаборатории получаем заключение, где будет написано наличие какого элемента и в каком количестве содержится в данной пробе. На основе лабораторных данных строим карту с помощью программы «Surfer 11». На рисунке 1 показана схема зависимости распределения тяжёлых металлов на примере никеля и условные обозначения. Чёрная полоса – железнодорожные пути. Это и есть результат построения карты в компьютерной программе.

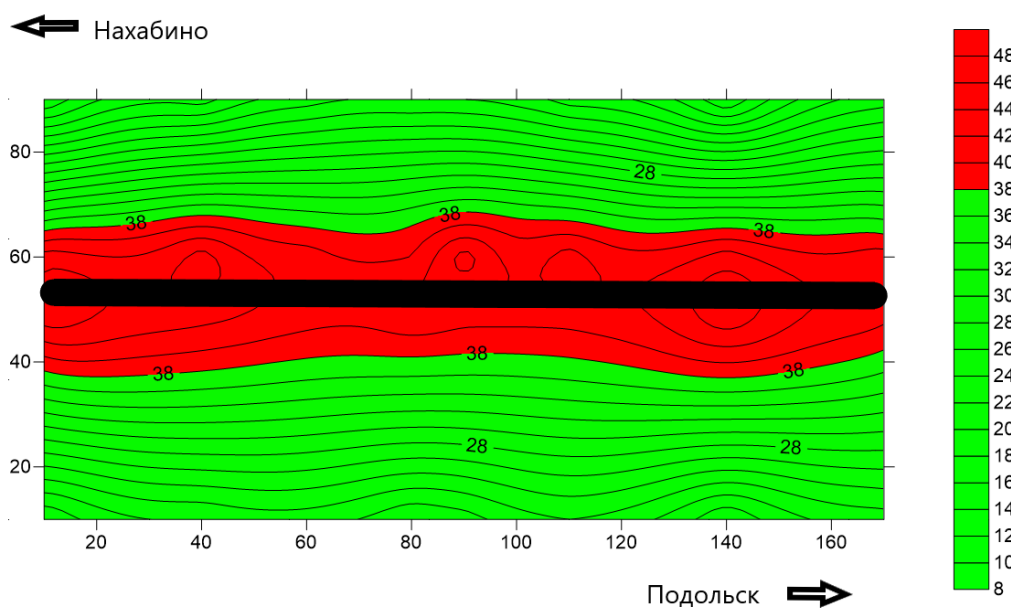


Рисунок 1. Схема распределения никеля в почве в полосе отвода и условные обозначения

Схема показывает, как распределяется содержание Ni в почве, относительно ширины полосы отвода. Можно увидеть, что огромное содержание тяжелого металла распространяется примерно на 7 метров. Далее идёт резкое снижение. Причём наличие платформы рядом никак не влияет на уровень загрязнения. На рисунке 2 показан график загрязнения по ширине.

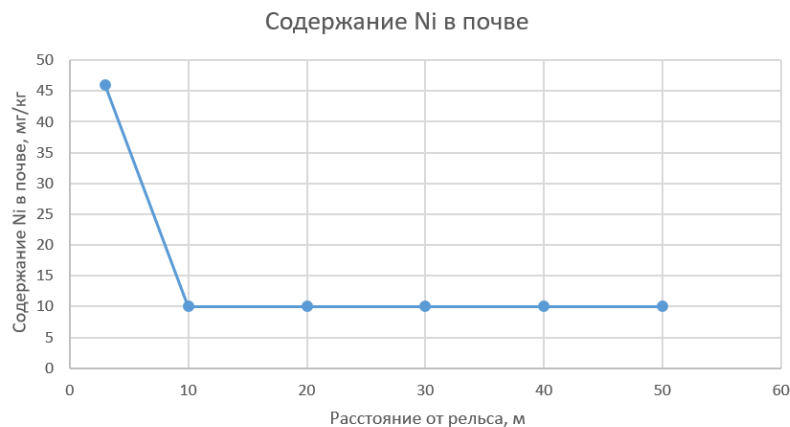


Рисунок 2. График загрязнения почвы в зависимости от расстояния, метры

Содержание непосредственно на железнодорожном полотне можно определить только по анализу снегового покрова, либо соскребать с шпал или щебня. Но лучше снеговой покров. Также по снеговому покрову можно точно определить какое количество тяжёлых металлов попадает в почву, в грунтовые воды в дальнейшем, за день/ неделю/ месяц/ год и т. д.

Приведу несколько рекомендаций по недопущению попадания тяжёлых металлов почву, рассмотрим преимущества и недостатки каждого метода:

1. При строительстве новых и реконструкции нынешних делать специальные фильтры, находящиеся под полотном, которые смогут пропускать воду, задерживая тяжёлые металлы. Идея хорошая, но высокая стоимость строительства, эксплуатация любых фильтров ограничена по времени и их нужно менять.
2. Сооружение канав водоотведения. Данные канавы не новинка для железной дороги, но их функция отведение воды как можно дальше от железной дороги. Но при строительстве новых и реконструкции действующих участков модернизировать эту систему так, чтобы вся вода попадала в эту канаву. В дальнейшем вода из водоотводной канавы должна обязательно проходить очистку на водоочистных сооружениях. Суть идеи в том, чтобы вся воды с железнодорожного полотна, а не только часть, уходила в специальную канаву, а далее на очистку. Из минусов: высокая цена, так как нужно будет фактически перестраивать всю железнодорожную инфраструктуру. Но сделав так, попадание тяжёлых металлов в почву от железной дороги будет стремиться к нулю.
3. В одной статье [3] было сказано о добавлении различных удобрений в почву и увеличении кислотности. Идея хороша на первый взгляд, но тяжёлые металлы в любом случае должны куда-то деваться, согласно одному из законов экологии Барри Коммонера «Всё должно куда-то деваться».
4. Одним из наиболее подходящим способом является установка фильтров очистки воды для питьевых и хозяйственных нужно. Вода из скважины сначала проходит очистку, а затем может использоваться для питья. Из плюсов: грунтовая вода загрязняется не только тяжёлыми металлами, а также огромным количеством загрязнителей, негативно влияющие на здоровье человека, поэтому универсальные фильтры будут чистить воду от загрязняющих веществ, а люди получать чистую воду. Из минусов: не все люди могут себе позволить установку, обслуживание и своевременную замену фильтров по финансовым причинам. Возможна дотация, но тут нужно чётко понимать кому нужно ставить фильтры, а кому нет, также нужен контроль за исполнением и определить источник финансирования.

Первые два способа направлены на удаление тяжёлых металлов непосредственно у источника их выброса (железная дорога), а последний у приёмника выброса (человека). Все они хороши и имеют место на существование, но дорогие. Рассматривать идеи сокращения использования металлических элементов на железной дороге нет смысла.

Выводы

Попадание тяжёлых металлов в почву является огромной проблемой, так как почва становится непригодной для дальнейшего её использования в сельском хозяйстве, также происходит загрязнение грунтовых вод.

Основными источниками загрязнения почвы являются: рельсы, колёсные пары и тормозные колодки. Это те самые элементы железной дороги, которые невозможно заменить на другой материал и которые в любом случае будут производить выбросы.

На примере одного из тяжёлых металлов Ni рассмотрена зависимость загрязнения. С помощью построенной карты можно увидеть, что наибольшее и максимальное загрязнение происходит вблизи железнодорожного полотна на расстоянии примерно 7 метров от крайнего рельса. Далее наблюдается резкое снижение.

Сделать так, чтоб совсем не было загрязнения почв – невозможно, но можно загрязнения собирать и утилизировать, как было описано в методе 2. Наиболее приемлемый способ защиты людей от попадания тяжёлых металлов, и не только, это установка фильтров для очистки воды.

Решение, описанное в методе 2 можно рассматривать на перспективу и включать в разработку новых путей и реконструкцию существующих. Это растянется на несколько лет, более 10, но постепенно можно это сделать и попадание тяжёлых металлов в почву от железной дороги будет исключено.

Библиография

1. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжёлыми металлами. МГУ, 2012, 282 с
2. Казанцев И. В., Зарубин Ю.П., Пурьгин П.П. Влияние подвижного состава на содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях полосы отвода железных дорог. Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия 2007, №2(52). С 173.
3. Левашова Т.Ю. Оценка уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами в местах несанкционированных свалок промышленных отходов. ТГУ, 2017, с. 79
4. Макаров А.О. Оценка экологического состояния почв некоторых железнодорожных объектов ЦАО г. Москвы. МГУ, 2014, – 282 с.

Воздействие минеральных и органических удобрений на экосистему. Волков А.А.
(МГРИ, volkov199921@yandex.ru), Слащёва А.В. (МГРИ, slashchevaav@mgru.ru)*

Аннотация

В данной работе были рассмотрены преимущества и недостатки применения минеральных и органических удобрений, а также негативное влияние азотных, калийных и фосфорных удобрений на состояние экосистемы, проанализировано негативное воздействие на сельскохозяйственную продукцию и здоровье населения. Показано применение органических удобрений, которое улучшает состав и свойства почв, повышает урожайность сельскохозяйственных культур, что обеспечивает продовольственную безопасность страны, улучшает здоровье людей, качество жизни и увеличивает продолжительность жизни, а также значительно снижает количество выбросов в окружающую среду, повышает экологическую безопасность.

Ключевые слова

Органические удобрения, минеральные удобрения, продовольственная безопасность

Теория

Увеличение плодородия сельскохозяйственных культур невозможно без использования высокоэффективных удобрений. Такие элементы, как азот, фосфор, калий, магний, кальций, сера, содержатся в составе растений, поэтому они необходимы для их выращивания. В сельском хозяйстве применяют два вида удобрений: минеральные и органические. Отличительная особенность минеральных удобрений от органических заключается в том, что химические элементы, содержащиеся в них, сразу после внесения в почву начинают поглощаться растениями. Органические удобрения сначала разлагаются в результате микробиологических процессов, а только потом их производные поглощаются растениями.

Классификация минеральных удобрений может быть представлена основными 3-мя химическими элементами: азотом, калием и фосфором. Положительные стороны применения минеральных удобрений заключаются в том, что они достаточно дешевы, при минимальных затратах можно значительно повысить урожайность культур. Минеральные удобрения позволяют получать сильные и здоровые растения; повышают устойчивость к болезням, насекомым и вредителям; улучшают качество растений; повышают концентрацию питательных веществ; увеличивают максимально допустимый срок хранения зерна и ячменя [2]. Но, с точки зрения экологии, применение минеральных удобрений может иметь ряд негативных последствий. Они оказывают негативное влияние на почву, загрязняют водную среду и атмосферу, распространяя через них экологически вредные элементы и соединения в прилегающие регионы и негативно влияют на качество сельскохозяйственной продукции и здоровье людей [1].

Минеральные удобрения провоцируют выщелачивание кальция, магния, цинка, меди, марганца и других полезных для растений элементов из почвы, что сказывается на процессах фотосинтеза, снижает сопротивляемость растений болезням. Применение

минеральных удобрений приводит к уплотнению почвы, снижению ее пористости, закислению почвы, уменьшению доли гранулированных агрегатов. При использовании минеральных удобрений происходит загрязнение почвы тяжелыми металлами и токсичными элементами, так как сырье, используемое для получения удобрений, содержит ряд тяжелых металлов: свинец, цинк, уран, стронций, кадмий и др., которые попадают в калийные и суперфосфатные удобрения. Применение минеральных удобрений зачастую увеличивает число низкокачественной продукции. Происходит это из-за того, что в растениях содержание углеводов снижается, а количество сырого белка увеличивается. Например, в картофеле снижается содержание крахмала, а в зерновых культурах изменяется состав аминокислот, что снижает питательную ценность белка. Богатые нитратами овощи и фрукты повышают риск развития онкологических заболеваний, воздействуют на желудочно-кишечный тракт. Под влиянием большого количества химических веществ в сырье растительного и животного происхождения изменяется биохимический состав пищевых продуктов. Снижается количество витаминов и питательных веществ, они замещаются опасными нитритами. Применение минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур влияет на хранение сельскохозяйственной продукции.

Минеральные удобрения влияют на здоровье человека, попадая в организм человека с приемом пищи, нитраты всасываются в пищеварительный тракт, в кровь и вместе с ней - в ткани всех органов. Около 65% нитратов разлагаются, превращаясь в нитриты уже в полости рта. Нитриты окисляют гемоглобин до метгемоглобина, который не способен переносить кислород. Доля метгемоглобина в организме должна составлять 2%, он вызывает различные заболевания. Нитриты часто являются причиной хронической интоксикации организма, ослабляют иммунную систему, снижают умственную и физическую работоспособность человека, проявляют мутагенные свойства. Влияние минеральных удобрений на растения, качество растительной продукции - в таблице 1, а на животных и людей - в таблице 2.

ВИДЫ УДОБРЕНИЙ	ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	
	ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ	ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ
Азотные	Повышают содержание белка в зерне; улучшают хлебопекарные качества зерна	При высоких дозах или несвоевременных способах внесения - накопление в виде нитратов, буйный рост в ущерб устойчивости, повышенная заболеваемость, особенно грибными болезнями. Хлористый аммоний способствует накоплению Cl. Основные накопители нитратов - овощи, кукуруза, овес, табак
Фосфорные	Снижают отрицательные воздействия азота; улучшают качество продукции; способствуют повышению устойчивости растений к болезням	При высоких дозах возможны токсикозы растений. Действуют в основном через содержащиеся в них тяжелые металлы (кадмий, мышьяк, селен), радиоактивные элементы и фтор. Основные накопители - петрушка, лук, щавель
Калийные	Аналогично фосфорным	Действуют в основном через накопление хлора при внесении хлористого калия. При избытке калия - токсикозы. Основные накопители калия - картофель, виноград, гречиха, овощи закрытого грунта

Рисунок 1. Влияние минеральных удобрений на растения и качество растительной продукции.

Виды удобрений	Основные воздействия
Нитратные формы (азотные)	Нитраты (ПДК для воды 10 мг/л, для пищевых продуктов - 500 мг/день на человека) восстанавливаются в организме до нитритов, вызывающих нарушение обмена веществ, отравления, ухудшение иммунологического статуса, метгемоглобинемию (кислородное голодание тканей). При взаимодействии с аминами (в желудке) образуют нитрозамины - опаснейшие канцерогены. У детей могут вызывать тахикардию, цианоз, потерю ресниц, разрыв альвеол. В животноводстве: авитаминозы, уменьшение продуктивности, накопления мочевины в молоке, повышение заболеваемости, снижение плодовитости
Суперфосфат (фосфорные)	Действуют в основном через фтор. Избыток его в питьевой воде (более 2 мг/л) вызывает повреждение эмали зубов у человека, потерю эластичности кровеносных сосудов. При содержании более 8 мг/л - остеохондрозные явления
Хлорсодержащие удобрения	Потребление воды с содержанием хлора более 50 мг/л вызывает отравления (токсикозы) человека и животных

Рисунок 2. Влияние минеральных удобрений на животных и людей.

К органическим удобрениям относятся навоз сельскохозяйственных животных, птичий помет, фекалии, торф, ил, отходы древесины, компост, пепел, костная мука. Органические удобрения содержат магний, фосфор, азот, калий, кальций, оксиды металлов, кремний, серную кислоту и специальное органическое вещество (ценный элемент, улучшающий структуру почвы).

Куриный помет является одним из более эффективных органических удобрений [2,1,2], который представляет собой сложную смесь, содержащую различные органические и минеральные вещества, увеличивающих урожайность на 25–30% в зависимости от культуры, природных условий и места их произрастания. Более 600 птицефабрик в РФ производят в среднем более 100 т (каждая) сжиженных отходов в день [1]. Большая часть этих отходов не перерабатывается, а накапливается вблизи птицеводческих хозяйств, образуя поля сжиженной массы, которые негативно влияют на санитарное и экологическое состояние окружающей среды. Загрязнение почв, прудов, лесов и пастбищ, прилегающих к птицеводческим хозяйствам, наносит серьезный экономический, экологический и социальный ущерб сельскохозяйственным угодьям и жителям близлежащих населенных пунктов. Сырой переработанный куриный помет после суточного хранения приобретает сильный зловонный запах. Он содержит большое количество семян сорняков, яиц и личинок гельминтов и мух, многие микроорганизмы, среди которых часто встречаются опасные возбудители заболеваний. В этой связи птицеводческие хозяйства, согласно Международной конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Финляндия, 1991), являются экологически опасными видами экономической деятельности [1].

По данным Минсельхоза в России органические удобрения используются только на 6% территории. Кроме того, эти удобрения являются переработанным навозом, который вносится в почву без предварительной обработки. Использование необработанного навоза в качестве органического удобрения способствует загрязнению полей сорняками, патогенной микрофлорой, яйцами гельминтов и пестицидами, что делает невозможным выращивание экологически безопасной продукции. Термически обработанный куриный навоз представляет собой сыпучее или гранулированное, высокоэффективное органическое удобрение, позволяющее долгое время сохранять все удобрения в почве, а относительно небольшой размер гранул позволяет быстро растворяться в почве. Использование удобрений из птичьего помета позволяет получать экологически безопасную продукцию, при этом практически отсутствует экологический

риск при внесении их в почву. Применение гранулированного органического удобрения из отходов птицефабрик, полученного в результате высокотемпературной переработки, дает возможность устранить экологические риски вредного воздействия на местную экосистему и почвы, в которую оно вносится; постепенно использовать питательные вещества для растений; сохранить свойства удобрения на длительное время; выращивать и производить экологически чистые продукты питания; увеличить содержание минеральных компонентов до уровня оптимального для конкретной почвы; эффективно регулировать баланс гумуса и восстановить плодородный слой почвы, так как находящиеся в нем питательные вещества находятся в оптимальном для растений и почвенной микрофлоре сочетании; увеличить продолжительность жизни и сократить заболеваемость населения.

Выводы

Таким образом, химическое производство минеральных удобрений и их дальнейшее использование оказывают негативное воздействие на окружающую среду, отрицательно воздействуют на качество сельскохозяйственной продукции и здоровье человека, использование минеральных удобрений в сельском хозяйстве приводит к вредному воздействию на экосистему, при этом происходит изменение почв и их уплотнение; загрязнение воды и водоемов; в атмосферу диффундируют вредные химические элементы и соединения, которые мигрируют в соседние регионы; также происходит негативное воздействие на сельскохозяйственное производство и здоровье населения; исчезают почвы, вовлеченные в естественный процесс разложения и образования гумуса бактериями, количество которого сокращается; загрязнение грунтовых вод и атмосферы; изменение кислотности почвы; накопление в почве нетипичных для природной среды соединений; вымывание полезных катионов из почвы. Органические удобрения, полученные из отходов птицефабрик, снижают количество выбросов в окружающую среду, повышают экологическую безопасность, улучшают качество жизни людей. При применении органических удобрений улучшается состав и свойства почв, значительно повышается урожайность сельскохозяйственных культур, при этом выращиваются экологически чистые сельскохозяйственные культуры, что обеспечивает продовольственную безопасность страны, улучшает здоровье людей и увеличивает продолжительность жизни.

Библиография

1. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Исследование кинетических закономерностей процесса сушки отходов птицеводческих хозяйств с целью дальнейшей разработки технологии получения высокоэффективных органических удобрений и кормов для сельскохозяйственных животных. *Аграрная наука*. 2019; 2:71–73.
2. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Получение жидких и гранулированных органических удобрений из отходов птицефабрик. *Аграрная наука*. 2020; 2:61–63.
3. Бузетти К.Д., Кавецкий Г.Д. *Технология сушки*. М.: КолосС, 2012. 255 с.
4. Калошин Ю.А., Светлов Ю.В., Бузетти К.Д. и др. Тепло- и массообмен при получении эффективных органических удобрений и продуктов для комбинированного производства: сборник научных статей 1-х Международных

Лыковских научных чтений, посвященных 105-летию академика А.В. Лыкова. М.:
Университетская книга, 2015. С.187–190.

Воздействие Калининградского янтарного комбината на акваторию Балтийского моря. Волкова А.Н.* (МГРИ, itsarinafolkova57@gmail.com), Научный руководитель Савушкина Е.Ю. (МГРИ, savushkinaey@mgri.ru)

Аннотация

Промышленно-хозяйственная деятельность человека является одной из основных факторов ухудшения экологического состояния Балтийского моря. Сточные воды, нефтесодержащие отходы, подводный и прибрежный шум и т.п. приводят к уменьшению прозрачности вод, массовому распространению сине-зеленых водорослей, образованию безжизненных участков дна и другим нарушениям экосистемы моря.

Одним из предприятий, вносящих вклад в изменение химического и физического состава вод Балтийского моря, является Калининградский янтарный комбинат. Основным источником водоснабжения гидромеханизированных работ в карьере и обогатительной фабрики является Балтийское море. В докладе представлена информация о технической характеристике добычи янтаря, системе забора воды из Балтийского моря для технологических нужд комбината и водоотведения сточных вод, которые перед непосредственным сбросом в акваторию моря проходят различные ступени очистки, главным из которых является хвостохранилище, включающее пруды-отстойники, где все механические частицы осаждаются и на выходе получается нормативно чистая вода.

Ключевые слова

Балтийское море, хвостохранилище, сточные воды.

Теория

Балтийское море является водным объектом рыбохозяйственного значения, имеющим высшую категорию. Сточные воды предприятий, нефтесодержащие отходы и стоки с побережья, шум подводных и прибрежных установок, смывы с сельхозполей и сбросы коммунальных вод приводят к уменьшению прозрачности вод моря, массовому распространению сине-зеленых водорослей и эвтрофикации, образованию безжизненных участков дна и другим нарушениям экосистемы моря [2]. Одним из предприятий, вносящих вклад в изменение химического и физического состава вод Балтийского моря, является Калининградский янтарный комбинат, разрабатывающий месторождение янтаря.

Геологоразведочные работы на янтарь в районе Приморского месторождения впервые были проведены в 1948 г. Приморское месторождение янтаря находится на западном побережье Калининградского полуострова, в 1 км восточнее п. Янтарный. Протяженность месторождения с запада на восток - 12 км, с севера на юг около 11 км. Участок детальной разведки ограничен площадью 2,8 на 4,5 км².

Система очистки на предприятии состоит из хвостохранилища, включающее северный и южный отсеки. Производственные сточные воды перед сбросом проходят хвостохранилище - гидротехническое сооружение намывного типа для складирования

горных пород и осветления морской воды после использования в карьере. Хвостохранилище находится в пляжной зоне Балтийского моря. Разрушение берега волнами и прибоем Балтийского моря (абразия) может привести к размыву дамб и замутнению воды мелкодисперсными частицами хвостов обогащения. На предприятии регулярно предлагаются проекты реконструкции ввиду вероятной опасности экологической катастрофы в результате складирования хвостов обогащения на берегу Балтийского моря и абразии его берегов [1]. В Северный и Южный водоотливы поступает вода из подпродуктивного и надпродуктивного горизонтов, атмосферных осадков. Через 50 м нагорная канава с водой из Южного водоотлива соединяется с нагорной канавой Северного водоотлива. С Северного водоотлива вода по трубе переходит в Северный отстойник. После отстойника вода через переливную трубу с шандором поступает в нагорную канаву и через 1428 м на отметке +22,0 смешивается с водой из нагорной канавы Южного водоотлива. С отстойника нагорной канавы вод по трубе диаметром поступает в шандорный колодец №2. В шандорном колодце №2 вода с водоотливов смешивается с поступающей сверху, через шандор, водой с Северного и Южного отсеков хвостохранилища по трубе идёт на выпуск №2 [3].

Проектная производительность хвостохранилища составляет 89760 куб.м/сут, фактическая 41715 куб.м/сут. Хвостохранилище построено в 1988 году в соответствии с Проектом технического перевооружения Приморского карьера, выполненного институтом Гипршахт (г. Ленинград) в 1985 году. В соответствии с проектом до 1999 года эксплуатация хвостохранилища велась по наливному давлению. С 1999 года эксплуатация ведется в соответствии с проектом ООО "Механобр инжиниринг" по намывному типу, т.е. одновременно с заполнением имеющихся ёмкостей производится намыв по высоте ограждающих дамб и, следовательно, наращивание ёмкости самого хвостохранилища. Последний действующий проект корректировки рабочего проекта хвостохранилища выполнен ООО «Рудметпроектг» (г. Москва) в 2006 году. В соответствии с проектом наращивание ограждающих дамб и складирование горных пород: хвостов обогащения и пылевато-глинистой части вскрыши 1-го уступа Приморская карьера предполагается до отметки+19,0 м, что обеспечит складирование грунтов в объёме 8390 тыс. куб.м. Класс капитальности гидротехнических сооружений хвостохранилища - III. В состав сооружений хвостохранилища входят два отсека, водоперепускная труба. По этой трубе осветлённая вода из южного отсека поступает в северный. В северном отсеке шандорный колодец и сборной коллектор, по которым осветлённая вода поступает в Балтийское море (Выпуск №2).

Хозяйственно-бытовые воды, поступающие от промышленной площадки комбината, отводятся в сети городских каналов.

Разрешённый объём сточных вод (согласно Решения о предоставлении водного объекта в пользование) – 16321,85 тыс. куб.м/год. Расход воды, согласно статистического отчёта 2тп (водхоз) за 2017 год – 15225,96 тыс. куб.м/год [3]. Степень очистки после хвостохранилища по данным 2017 года колеблется от 19 (по взвешенным веществам) до 81% (по хлорид-аниону). Степень очистки по нефтепродуктам составляет 70% [4].

Концевой выпуск пульповода задерживается на расстоянии не менее 50 м от уреза Балтийского моря с тем, чтобы из потока, по пути его движения к морю, происходило осаждение частиц грунта на пляже.

Такой способ складирования пустой вскрышной породы необходим для укрепления внешнего откоса ограждающей дамбы хвостохранилища и предотвращения ее разрушения морем. В результате осаждения частиц грунта при сбросе существующий пляж прирастает по высоте и по ширине, а осветлённая вода самотёком попадает в море. За счёт сброса пульпы и частиц грунта возникает намыв искусственного морского пляжа на низовом откосе ограждающей дамбы на площади не менее 1700 м в длину и от 100 до 150 м в ширину. В течение года местоположение концевой выпуска пульповода за счёт его наращивания постоянно меняется. Из-за массового поступления песка в море, к югу от п. Янтарный берег из абразионного, пройдя стадию стабильного, стал аккумулятивным. На всём его протяжении сформировались широкие песчаные пляжи с дюнами, которые местами укреплялись зарослями кустарников и деревьями.

Перечень контролируемых веществ, а также периодичность и место отбора проб установлены в соответствии с Программой проведения измерений качества сточных вод, ведения регулярных наблюдений за водными объектами и их водоохранными зонами.

Таблица 1. Перечень нормируемых показателей состава и свойств сточных, в том числе дренажных вод – Выпуск №2

№	Наименование показателя	Значение ПДК, мг/дм ³	Документ, регламентирующий выбор ПДК	Факт. Значение за 2017 год, мг/дм ³
Гидрохимические показатели				
1.	Взвешенные вещества	10	Приказ №552 от 13.12.2016 г. Минсельхоза РФ	8,4
2.	БПК ₅	2,1		8,4
3.	Аммоний ион	0,5		3,8
4.	Нитрат-анион	40		1,5
5.	Нитрит-анион	0,08		0,025
6.	Хлорид-анион	300		1050
7.	Сульфат-анион	100		370
8.	Нефтепродукты	0,05		0,049
9.	Фосфат-ион	0,2		0,019
10.	Сухой остаток	1000		2980
11.	Железо	0,05		0,131
12.	Медь	0,005		0,0069
13.	ХПК	30	ГН 2.15.1315-03	49
14.	Фосфор общий	ПДК отсутствует	-	0,24
Микробиологические показатели				
1.	Общие колиформные бактерии	не более 1000 КОЕ/100 мл	СанПин 2.1.5.2582-10	164
2.	E.coli	не более 100 КОЕ/100 мл		-
3.	Колифаги	не более 10 БОЕ/100 мл		13
4.	Энтерококки	не более 10 КОЕ/100 мл		-
5.	Стафилококки	10 КОЕ/100 мл		-

Утверждённый расход сточных вод, в том числе дренажных вод для установления НДС: 2693 куб.м/ч, 17120 тыс.куб.м/год.

В соответствии с расчётами можно сделать вывод, что фактический сброс сточных и дренажных вод за 2017 год для установления НДС: 2693 куб.м/ч, 17120 тыс. куб.м/год [3].

Выводы

В сточных водах, сбрасываемых Калининградским янтарным комбинатом в акваторию Балтийского моря, присутствуют превышения по БПК₅, аммоний-иону, хлорид-аниону, сульфат-аниону, сухому остатку, железу, меди, ХПК, фосфору общему и колифагам.

Органические элементы и микроорганизмы, такие как: колифаги, БПК₅, аммоний-ион, хлорид-анион, ХПК и фосфор общий, могут иметь значение превышающее установленный ПДК в связи с тем, что рядом с выпуском №2 расположена труба, сбрасывающая бытовые хозяйственные стоки из посёлка Янтарный, которые могут быть предварительно плохо очищены, но водозабор для проб у них с комбинатом общий.

Превышения по сухому остатку и металлам скорее всего связан с плохой очисткой вод самим комбинатом или недостаточным временем пребывания сточных и дренажных вод в прудах отстойниках.

Библиография

1. Деревяшкин, И. В. Основные технологические процессы, их проблемы и решения на Калининградском янтарном комбинате / И. В. Деревяшкин, А. А. Садыков. — Текст: непосредственный // Технический оппонент. — 2018. — № 1 (1). — С. 58-67. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_36580688_95699899.pdf (дата обращения: 14.02.2023).
2. Картамышева, Е. С. Экологические проблемы Балтийского моря / Е. С. Картамышева, Д. С. Иванченко. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 25 (159). — С. 117-120. — URL: <https://moluch.ru/archive/159/44711/> (дата обращения: 14.02.2023).
3. Проект НДС выпуск №2. АО «Калининградский янтарный комбинат». – 2018.
4. Фактический сброс веществ и микроорганизмов в Балтийское море. АО «Калининградский янтарный комбинат». – 2018.

***Геоэкологические проблемы освоения углеводородных ресурсов на шельфе
Охотского моря. Гарманов С.А. (МГРИ, serzh.garmanov@yandex.ru), Щерба В.А.
(МГРИ, shcherba_va@mail.ru)***

Аннотация

В статье представлена краткая физико-географическая характеристика территории, обозначены основные геоэкологические проблемы, связанные с разработкой нефтегазовых месторождений и проведена оценка влияния антропогенной деятельности на окружающую среду и в частности, на биоту Охотского моря. Шельф Охотского моря – одна из перспективных областей добычи углеводородных ресурсов, в связи с этим снижение негативного воздействия на окружающую среду является первостепенной задачей при разработке месторождений нефти и газа.

Ключевые слова

Месторождения нефти и газа, шельф Охотского моря, освоение недр, нефтегазовый комплекс, углеводородные ресурсы.

Теория

Охотский нефтегазоносный бассейн расположен в восточной части Евразийского континента в пределах акватории Охотского моря. В данный момент нефтегазоносность исследуемой территории подтверждена в восточной и северной части шельфа, прилегающего к острову Сахалин. Ресурсы этого бассейна оцениваются в 1 - 5 млрд. тонн нефти и в 1 - 4 трлн. м³ природного газа. Охотское море имеет площадь 1.6 млн км² и ограничивается материковым побережьем Азии, полуостровом Камчатка и цепью Курильских островов, имеющих, в основном, вулканическое происхождение. Относительно мелководная часть Охотского моря, прилегающая к восточному шельфу острова Сахалин, является самым развитым морским нефтегазодобывающим регионом России [2].

Охотская нефтегазоносная провинция — область преимущественно кайнозойского осадконакопления, в структурном отношении в северной части выделяют Западно-Охотский, Северно-Охотский, Шелиховский и Охотско-Западно-Камчатский прогибы; в южной части — Южно-Охотскую впадину, Дерюгинский и Татарский прогибы, Сахалинский мегантиклинорий. Мощность осадочного чехла до 7 км в прогибах и до 6-8 км в мегантиклинории. В разрезе осадочного чехла прогибов выделяют 3 основных структурных этажа: нижний — геосинклинальные и орогенные формации палеогенового, раннемиоценового возраста, в некоторых районах позднемиоценового возраста; средний — орогенные формации средне-позднемиоценового возраста; верхний — терригенно-кремнисто-диатомовые отложения плиоцен-четвертичного возраста, развитые преимущественно в экваториальной части (рис. 1).

В настоящее время в России ведется нефтегазодобыча на акваториях 6 морей на 13 месторождениях, при этом 8 из них (61.5%) расположены в Охотском море [1].

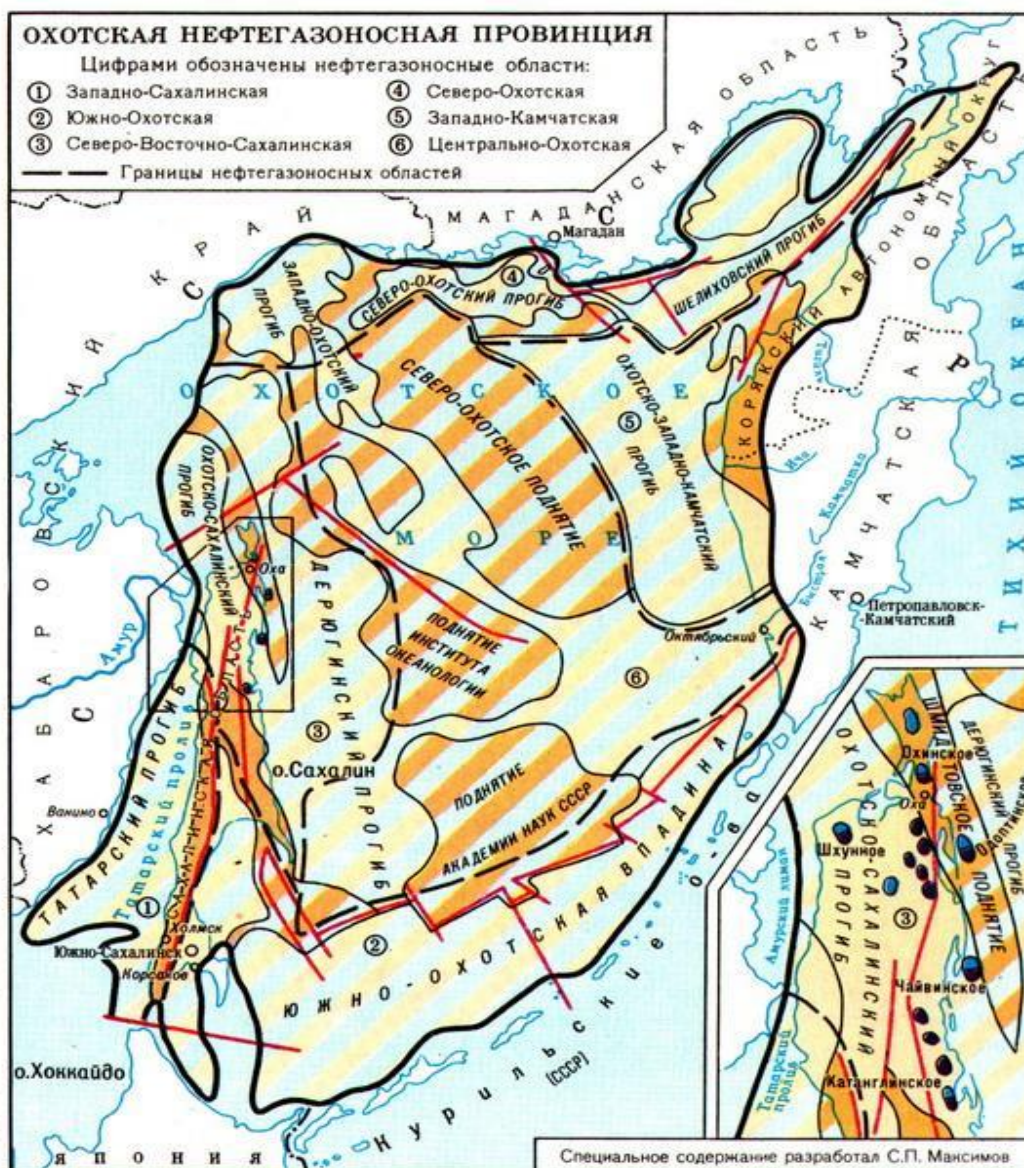


Рисунок 1. Охотская нефтегазоносная провинция.

у В Охотском море обитает камчатский краб, добыча которого составляет почти 80% мировой добычи. На севере Охотского моря насчитывается более 130 видов рыб, а в его южных водах – до 300 видов. Среди них особо ценные – лососевые: нерка, чавыча, кета, горбуша и другие. Ведется также промысел наваги, минтая, иваси, сардин, сайры, терпуга и других. Воды Охотского моря населены зоопланктоном, который питается диатомовыми водорослями. Виды зоопланктона, распространенного в этом регионе, – это личинки червей, моллюсков, крошечные медузы, веслоногие

ракообразные. Фитопланктон представлен в основном диатомовыми водорослями. Они бурно развиваются в идеальных для них условиях: перемешивание верхних слоев воды с более глубокими, подходящий температурный режим.

Богато представлены и бурые водоросли прибрежной зоны. Особую ценность имеет их представитель ламинария – морская капуста. Ее на небольшой глубине целые луга, на которых «пасется» морская рыба. Ламинарию также широко используют в пищевой промышленности из-за богатого содержания йода. Кроме бурых, в море есть зеленые и красные водоросли [4].

Месторождения нефти и газа на шельфе Охотского моря расположены в районе с одним из наиболее сложных, опасных и суровых комплексов природно-климатических условий в мире. Наибольшую проблему представляют волновые нагрузки, ледовые и сейсмические условия. Высота волн в Охотском море может достигать 10 м. при максимальной для этой части океана величине разгона.

Большую угрозу представляют огромные дрейфующие ледяные поля, мощность которых нередко достигает 2 метров. Глубина гребней торосов достигает 30 м. при высоте 5-6 м. Ледяной покров на море сохраняется до 200 дней в году и более.

Большинство нефтегазовых месторождений шельфа Охотского моря расположено в зоне активной сейсмичности. Ее опасность наглядно показало Нефтегорское землетрясение 1995 г., когда был полностью разрушен целый поселок, погибло более 2000 человек.

Сложность представляют также низкие температуры воды, что крайне замедляет процесс естественного разложения нефтяных углеводородов. Механизмы самоочищения морской среды от нефти в таких условиях практически не действуют. Усложняет судоходство и морские операции также и большое количество дней в году, когда видимость практически отсутствует из-за туманов.

Главная геозкологическая проблема шельфовых проектов — их широкомасштабное воздействие на морскую среду и морские биоресурсы Охотского моря. Это воздействие имеет тотальный характер и затрагивает практически все элементы экосистемы на всех стадиях жизненного цикла. Страдают все живые организмы, от планктона, находящегося в основе большинства пищевых цепей, до китов, тюленей и морских птиц.

Часто основным видом негативного воздействия являются отработанные буровые растворы, буровой шлам и пластовые воды, полученные при сепарации добытой нефти.

Отходы бурения и добычи — токсичны и содержат сильные отравляющие загрязнители, многие из которых способны разрушать генетическую систему и таким образом оказывать влияние на популяции организмов длительное время.

Это многие тяжелые металлы (ртуть, мышьяк, кадмий), поверхностно-активные вещества, нефтепродукты. В пластовых водах содержатся крайне опасные и имеющие способность накапливаться углеводороды — бензол, этиловый бензол, толуол. Помимо отравляющего воздействия они также вызывают повышенную мутность воды, которая распространяется на несколько километров от платформы и служит причиной гибели огромного количества планктона и молоди рыб.

Одним из путей решения проблем, связанных с выбросами, является технология «реинджекшн» — закачивание отходов в подземные пласты горных пород. Либо система «нулевой сброс», когда отходы отправляются на сушу и перерабатываются в полном объеме.

В дополнение к природным и природно-техногенным проблемам освоения ресурсов УВ российского шельфа Арктики существуют серьезные опасности антропогенного характера [3].

Одна из ключевых геоэкологических проблем региона напрямую связана с освоением недр прибрежных территорий и шельфа морского дна. Нефтеперерабатывающие предприятия в прибрежной зоне постоянно сбрасывают в воду часть отходов производства, что приводит к образованию на поверхности моря плотной нефтяной пленки, которая пагубно воздействует на экосистему.

В связи с загрязнением окружающей среды нефтью и продуктами ее переработки происходят следующие процессы:

- изменяется состав и структура воды;
- сокращается популяция местной флоры и фауны;
- снижается биологическая продуктивность моря.

Так как рост добычи сырья в регионе продолжает расти, то процесс самоочищения водных масс из года в год замедляется. Значительную угрозу представляет проблема заражения Охотского моря радиоактивными отходами.

Через территорию Охотского моря пролегает значительная часть Северного морского пути и других важных судоходных артерий. Количество судов, проходящих через акваторию региона, постоянно растет. Негативное влияние на экосистему происходит по следующим причинам:

- постоянного воздействия на акустическое, электрическое, магнитное и тепловое поля;
- риска загрязнений производственными и бытовыми отходами, а также продуктами сгорания топлива;
- из-за выбросов в атмосферу отработанных газов.

Выводы

Главная экологическая проблема шельфовых проектов — их широкомасштабное воздействие на морскую среду и морские биоресурсы Охотского моря. Это воздействие затрагивает практически все элементы экосистемы на всех стадиях жизненного цикла. Страдают все живые организмы, от планктона, находящегося в основе большинства пищевых цепей, до китов, тюленей и морских птиц. Отходы бурения и добычи токсичны и содержат сильные отравляющие загрязнители, многие из которых способны разрушать генетическую систему и таким образом оказывать влияние на популяции организмов длительное время. Для улучшения экологической ситуации необходимо четкое соблюдение законодательства, а также оптимизация технологии добычи нефти и газа. Оптимально применение системы нулевого сброса, при которой все отходы отправляются на сушу и перерабатывается. Также необходима тщательная разработка мероприятий по предупреждению разливов нефти и аварий на платформах и разработка оборудования для безопасной работы месторождений в суровых условиях Арктики.

Библиография

1. Богоявленский В.И. Арктика и Мировой океан: современное состояние, перспективы и проблемы освоения ресурсов углеводородов. Монография. М.: ВЭО, 2014. - С. 11–175.
2. Богоявленский В.И. Достижения и проблемы геологоразведки и ТЭК России // Бурение и нефть. 2013. № 3. - С. 3-7.
3. Быстров Б.В., Пироженко В.А., Блинков В.И. Взрывоопасные предметы на дне арктических морей – фактор риска для морехозяйственной деятельности // Арктика: экология и экономика. 2012. №1 (5). - С. 68-73.

4. Янкевский А.В., Ганченко Д.Д., Чернеева Е.В., Щерба В.А. Экологические проблемы добычи нефти и газа на шельфе Мирового океана //Том 9, №6 (2017)

*Практический опыт применения биоремедиационных технологий в России и за рубежом. Григоров Д.А. * (Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени С. Орджоникидзе, Volier555@mail.ru), соавтор Брылов Д.С. (Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени С. Орджоникидзе, brylovds@mgi.ru)*

Аннотация

В данной статье рассмотрен основной комплекс биоремедиационных технологий, применяемых в России для очистки нефтезагрязненных почв. Приведено исследование фиторемедиации сельскохозяйственных почв, загрязненных углеводородами в северной Италии.

Ключевые слова

Биоремедиация, нефтяные загрязнения, почвы, окружающая среда, фиторемедиация

Теория

Под термином «биоремедиация» принято понимать применение технологий и устройств, предназначенных для биологической очистки почвы и воды, т.е. для удаления из почвы и поверхностных вод уже, находящихся в ней загрязнителей [1].

Основной комплекс биоремедиационных мероприятий на почвах, загрязненных ксенобиотиками, включает рыхление, вспашку или фрезерование, применение оптимальных доз минеральных и органических удобрений, посев и последующую запашку различных сидератов (зеленых удобрений), илов со станций биологической очистки сточных вод, биогумуса, нетоксичных отходов пищевой промышленности, микроорганизмов-деструкторов, и в конце — проведение фиторемедиации [2].

Для биоремедиации топких верховых болот в Западной Сибири (ЯНАО, ХМАО), где ведется интенсивная добыча нефти и газа, и разливы нефти происходят часто, разработана технология с использованием болотохода с фрезой (Рисунок 1).



Рисунок 1. Болотоход, шагающий с активной системой фрезерования почв

Верхний сильно загрязненный нефтью (780-820 г/кг сухого торфа и выше) слой почвы перемешивается с нижележащим слоем, но концентрация нефти при этом практически не снижается, или снижается, но очень незначительно. Согласно описываемой технологии, одновременно с фрезерованием торфа, с болотохода вручную вносятся минеральные удобрения (850–950 кг/га), что в 3–4 раза больше агрономической нормы, раскислитель (известняковая мука 4000 кг/га), семена растений (200–300 кг/га), устойчивых к нефтяному загрязнению (в 10 раз больше агрономической нормы) и биопрепарат «Родер» (200–340 кг/га), жидкий или иммобилизованный на торфе [3].

Эта технология позволяет за один теплый сезон снизить уровень загрязнения нефтью в почве на 20–40%. Посеянная трава (овес *Avena sativa*) через несколько месяцев покрывает болото на 40-60% довольно слабыми проростками. В дальнейшем такие болота начинают постепенно зарастать местным травостоем, а овес служит для них сидератом. Реализация описанной технологии биорекультивации топкого верхового болота инициировала процесс дальнейшего самовосстановления болота и в несколько раз сократила сроки его самовосстановления (Рисунок 2).



Рисунок 2. Участок до и после проведения биоремедиации

Исследование фиторемедиации сельскохозяйственных почв, загрязненных углеводородами, было успешно проведено в северной Италии [4]

Почва, загрязненная в результате выброса нефтяной скважины, была обработана на месте в био – свае (разделение штабелей грунта от нефтепродуктов), а затем возвращена на прежнее место. В течение нескольких лет в исследовании сравнивалась способность одиннадцати сельскохозяйственных растений способствовать удалению углеводородов (путем микробной деградации или поглощения растениями) с возможностями земледелия. Концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в почве и общие концентрации нефтяных углеводородов

снизились на обрабатываемых участках и участках, покрытых сорняками, но намного меньше, чем на участках, засеянных кукурузой и сорго (Рис 3,4).



Рисунок 3. Вид на участок, загрязненный нефтяными углеводородами, в начале испытаний по фиторемедиации (Трекейт, Италия)



Рисунок 4. Фиторемедиация с выращиванием сорго на участке, загрязненном нефтяными углеводородами (Trecate, Италия)

Выводы

Естественные процессы самовосстановления и самоочистки уже не справляются с поступающими в нее загрязняющими веществами, которые из атмосферы и водной среды переходят в почву и аккумулируются в ней. Соответственно растет востребованность технологий очистки почв. Их выбор определяется не только тем, что требующие очистки территории отличаются друг от друга по количеству загрязнений, почвенным и климатическим условиям, но и целями и задачами очистки, то есть планируемому использованию очищенной территории. Биоремедиационные технологии очистки почв основаны на усилении естественных процессов самовосстановления окружающей среды. На сегодняшний день существует множество конкретных биоремедиационных технологий, которые отдельно или в совокупности применяются для восстановления нефтезагрязненных почв. Для очистки и восстановления почв

необходимо формирование интегрированных технологических процессов на основе достижения фундаментальных наук и практического опыта.

Библиография

1. <https://ru.thpanorama.com/articles/biologa/biorremediacion-caracteristicas-tipos-ventajas-y-desventajas.html>
2. <http://www.ecolife.ru/zhurnal/articles/27583/>.
3. Р.У. Маганов, М.Ю. Маркарова, В.В. Муляк, В.К. Загвоздкин, И.А. Заикин. «Природоохранные работы на предприятиях нефтегазового комплекса. Часть I. Рекультивация загрязненных нефтью земель в Усинском районе Республики Коми». Сыктывкар 2006.
4. Jean-Paul Schwitzguébel. «Phytoremediation: European and American Trends. Successes, Obstacles and Needs». June 2002

Экогеохимическое состояние ландшафтного заказника «Теплый Стан». Гусейнов А.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: amirnurgus@mail.ru), Шайхутдинова А.В. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: shajhutdinova.av@amuletm.ru), Слащёва А.В. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: anna_slascheva@mail.ru))*

Аннотация

В статье, на основе информации, полученной в результате полевых и лабораторных исследований почв и снега, характеризуется экогеохимическое состояние территории ландшафтного заказника «Тёплый Стан».

Ключевые слова

Ландшафтный заказник, Тёплый Стан, дерново-подзолистые почвы, загрязнение почв и снега.

Теория

Ландшафтный заказник окружен плотной жилой городской застройкой. Наличие по всему периметру ландшафтного заказника «Теплый Стан» жилой застройки и автомобильных дорог оказывает негативное влияние на экосистемы заказника. Экогеохимическое состояние заказника исследовалось путем изучения почв и снега, которые обладают депонирующими и, отсюда, индикационными свойствами. На территории заказника на одних и тех же пунктах были отобраны по 16 проб снега и почвы (рис.1).



Рисунок 1. Точки отбора проб снега и почв () в ландшафтном заказнике «Тёплый Стан»

В геохимической лаборатории МГУ на атомно-абсорбционном спектрометре фирмы «Hitachi» модели 180-80 в пламени ацетилен-воздух определялись Cu, Zn, Pb, Cd, Fe, Mn, в снегу, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni - в почве.

Выводы

Суммарный показатель загрязнения (Z_c) снега по рассматриваемым элементам меньше 16, т.е. относится к категории допустимой [1, 2] (рис.2).

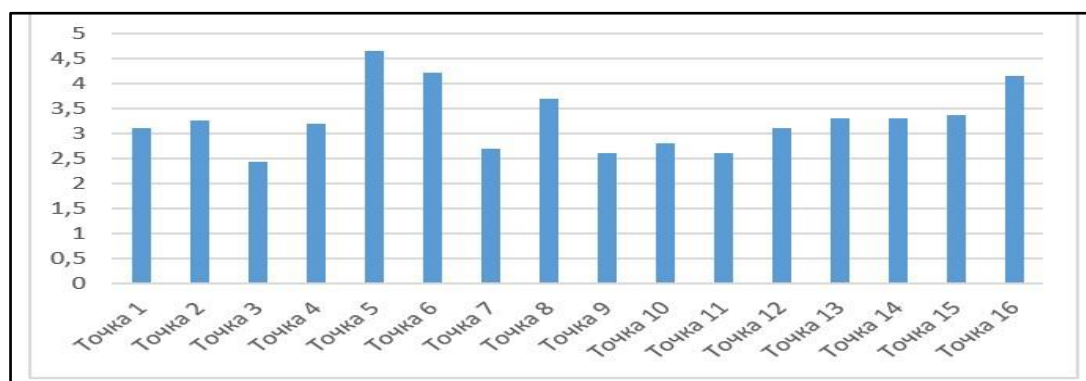


Рисунок 2. Суммарный показатель загрязнения снега

Для оценки степени и характера загрязнения тяжёлыми металлами наиболее распространённых дерново-подзолистых почв заказника по данным атомно-абсорбционного спектрометрического анализа были рассчитаны коэффициенты концентрации (КК) [3] и суммарный показатель загрязнения (Z_c) исследуемых элементов (табл.1).

Таблица 1- Коэффициенты концентрации и суммарный показатель загрязнения почв

№ пробы	КК _(Cu)	КК _(Zn)	КК _(Pb)	КК _(Cd)	КК _(Ni)	Z_c
1	1,6	3,3	5,5	0,6	1,1	8,1
2	1,6	2,7	1,8	0,6	0,8	5,5
3	1,4	1,5	1,3	0,6	1,0	2,8
4	1,3	2,3	1,9	0,6	0,7	4,8
5	1,3	1,6	0,5	2,1	0,9	4,4
6	0,7	1,7	1,2	2	0,8	4,4
7	0,3	0,4	0,9	0,6	0,2	2,4
8	0,5	0,8	1,2	0,6	0,3	3,4
9	0,5	0,9	0,9	0,6	0,3	3,2
10	0,5	0,6	0,6	0,6	0,3	2,6
11	0,7	0,4	0,6	0,6	0,5	2,8
12	0,3	0,2	0,5	1,3	0,3	2,6
13	0,7	0,9	2,1	0,6	1,1	4,4
14	0,7	0,6	0,9	0,6	0,6	3,3
15	0,5	0,2	0,7	0,6	0,2	2,2
16	0,6	0,7	1,3	0,6	0,3	3,5

В почвах ассоциация накапливающихся элементов в точках отбора проб, расположенных в зоне влияния улицы Тёплый Стан, представлена следующим рядом: $Pb > Zn > Cd$. Как видно из таблицы, превышение кларковых показателей значительны – в

3-5 раз. Во всех остальных точках наблюдается рассеяния химических элементов [4] в следующей последовательности: $Pb < Zn < Cu < Ni < Cd$.

Библиография

1. Алексеенко В.А. Геоэкология: экологическая геохимия. Рн/Д.: Феникс, 2018. - 124 с.
2. Башкин В.Н. Биогеохимия. М.: Высшая школа, 2008.-423 с.
3. Добровольский В.В. Геохимия почв и ландшафтов. М.: Научный мир, 2009.-752с.
4. Перельман А.И. Геохимия. М.: Ленанд. 2015.-528с.

Устойчивость городских ландшафтов (на примере города Тюмени). Гусейнов А.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: amirnurgus@mail.ru), Экзарьян В.Н. Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: vnekzar@rambler.ru), Слащёва А.В. Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: anna_slascheva@mail.ru)*

Аннотация

В статье, на основе информации, полученной в результате полевых и лабораторных исследований, анализируются внутригородские ландшафтно-геохимические факторы самоочищения и устойчивости городских ландшафтов к техногенному давлению.

Ключевые слова

Самоочищающая способность, устойчивость городских ландшафтов, самоны.

Теория

Городские ландшафты, легко самоочищающиеся от загрязняющих веществ, обладают высокой устойчивостью, и наоборот. В городе могут быть выделены теоретически возможные типологические группы территорий с определенной самоочищающей способностью (и устойчивостью) от продуктов техногенеза (загрязняющих веществ как неорганической, так и органической природы) - самоны города. Самоны города по сути являются аналогами технобиогеомов М.А.Глазовской [1], в данном случае выделенных в масштабе городских территорий и с учетом специфики городских территорий.

Выводы

Самоны отражают особенности устойчивости городской территории к суммарному воздействию техногенных факторов и могут быть выделены относительно газообразным, жидким или твердым загрязнителям органической или неорганической природы (табл.1).

Таблица 1-Теоретически возможные самоны города по уровням устойчивости почв

Характер техногенного воздействия		Степень устойчивости территории			
		Устойчивые	Умеренно-устойчивые	Слабоустойчивые	Неустойчивые
Тяжелые металлы	Mn, Ba, Sr, Co, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd, Hg, Zn	УСТМ	УУТМ	СУТМ	НУТМ
Катионогенные элементы	Ca, Sr, Ba, Ra, Cu, Zn, Cd	УСКЭ	УУКЭ	СУКЭ	НУКЭ

Аниогенные элементы	V^{5+} , As^{5+} , Se, Mo, Si, Ge и другие	УСАЭ	УУАЭ	СУАЭ	НУАЭ
Органические вещества	Нефтепродукты, 3,4-бензпирен и другие	УСОВ	УУОВ	СУОВ	НУОВ

Устойчивость городских почв может быть оценена к одному, актуальному для данного города или его части экологически высокоопасному химическому элементу. Таким, например, для г.Тюмени является свинец, продукт автотранспортного и промышленного техногенеза. В Тюмени техногенез свинца связан с нерациональной организацией внутригородских автотранспортных потоков и с воздействием на городские экосистемы в течение длительного времени Тюменского аккумуляторного завода.

Степень устойчивости определяется комплексом собственно почвенных физико-химических и ландшафтно-геохимических факторов. Наибольшую устойчивость почвам обеспечивают факторы, приводящие к уменьшению подвижности свинца посредством сорбции, хемосорбции и хемоседиментации [2]. На территории г.Тюмени, выделены неустойчивые (1, 2), слабоустойчивые (3), умеренно устойчивые (4) и устойчивые (5) к свинцу самоны (рис.1).

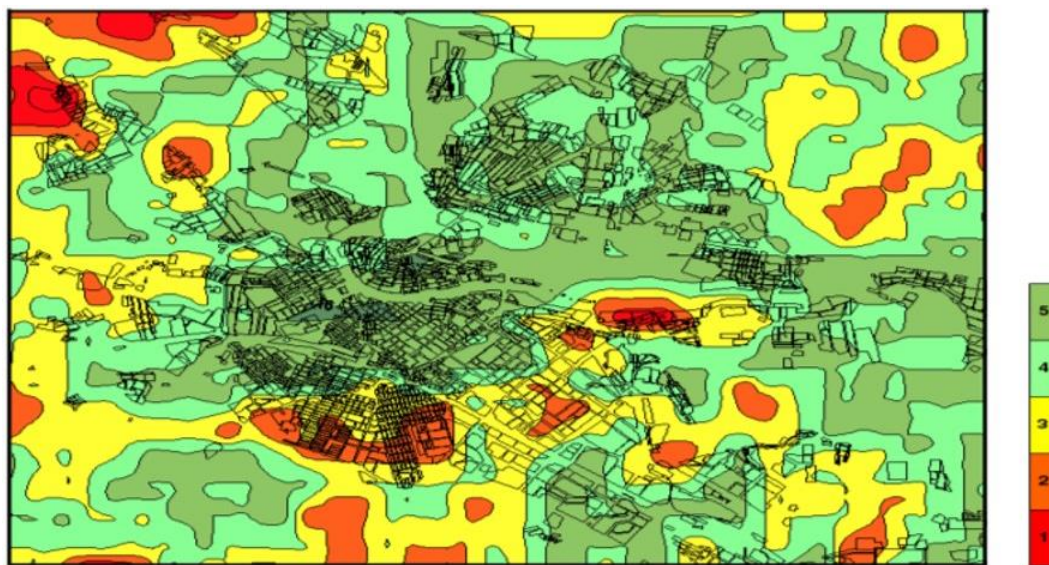


Рисунок 1. Относительная устойчивость почв к загрязнению свинцом - самоны по свинцу [3]

Самоны обладают прогностическими свойствами [4]. Исходя из анализа территориального распределения самонов возможно прогнозировать как тенденцию развития экологической ситуации на том или ином участке города, так и время наступления той или иной стадии экологической трансформации городских ландшафтов.

Малые экологические компании и независимые лаборатории - решение экологических проблем Московского региона Гусейнов А.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: amirnurgus@mail.ru), Сергеева В.П. (ООО «СПИЛЦ»), (e-mail: lerasergeeva1505@mail.ru)*

Аннотация

Статья посвящена изучению роли малых экологических компаний и независимых лабораторий в решении экологических проблем Московского региона. Составлен общий рейтинг выбранных компаний по нескольким критериям.

Ключевые слова

Малые экологические компании и независимые лаборатории, экологические проблемы, Московский регион.

Теория

Экологические проблемы Москвы в соответствии с масштабом как самого города, так и выполняемых им функций весьма разнообразны, разнохарактерны и могут иметь потенциально негативные последствия для жизнедеятельности населения мегаполиса [1]. Поэтому так важно, чтобы каждой из всех проблем было уделено своевременное внимание, что возможно только при наличии большого количества компаний и (или) лабораторий, которые готовы проводить исследования быстро и качественно. Как правило, быстрота и гибкость в решении многих проблем, в частности и прикладных экологических, прерогатива небольших предприятий [2, 3].

Данная работа посвящена исследованию особенностей работы малых экологических компаний и лабораторий Москвы (рис.1) для определения их рейтинга в решении экологических проблем Московского региона.

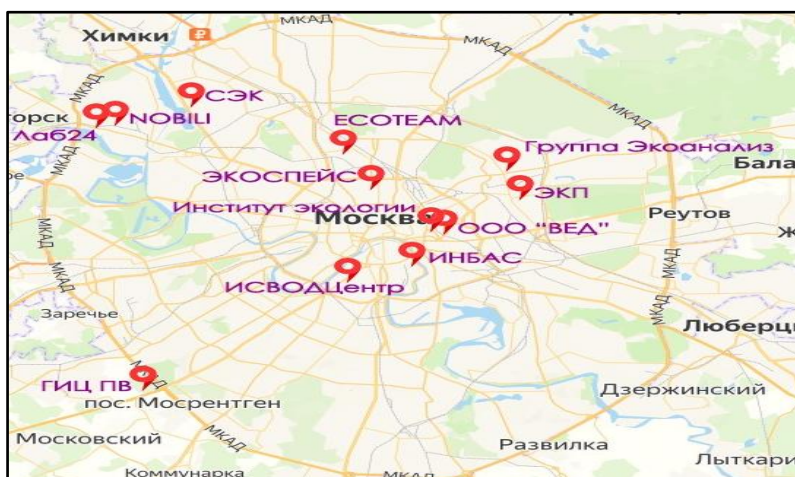


Рисунок 1. Малые экологические компании и независимые лаборатории Москвы [4].

В первую очередь, нами были выбраны критерии оценки деятельности малых экологических компаний и независимых лабораторий и дана им оценка в смысле их эффективности для построения рейтингового ряда самих компаний. Использовались следующие критерии оценки: 1- количество направлений деятельности; 2- количество предоставляемых услуг; 3- стоимость услуг; 4- удобство сайта и приятность оформления; 5- наличие на сайте основных документов; 6- общая информация об организации.

Выводы

На основе детального изучения и анализа официальных сайтов всех рассматриваемых малых экологических компаний и независимых лабораторий, с применением систематизированных нами критериев, позволяющих получить об их деятельности полезную информацию, составлен их рейтинг (табл.1).

Таблица 1- Рейтинг малых экологических компаний и независимых лабораторий Москвы

Малые компании и независимые лаборатории	Номера критериев оценки						Сумма баллов
	1	2	3	4	5	6	
	баллы						
Испытательная лаборатория Лаб24	1,5	1,5	0,5	2	2	2	9,5
Главный контрольно-испытательный центр питьевой воды	1	0,5	1	2	3	2	9,5
Экоспейс	1,5	1	0,5	1	3	2	9
ИСВОДЦентр	0,5	1	1	2	2	2	8,5
Группа Экоанализ	1	0,5	0,5	2	1	2	7
Столичная экологическая компания	1	1	1	1	1	2	7
Институт экологии	1,5	1,5	0	2	0	1	6
ВЕД	1,5	1	0	1	0	2	5,5
ИНБАС	1	1	0	0	2	1	5
Компания NOBILI	1,5	1	0	0	1	1	4,5
Экология Комплексных Проектов	1	1,5	0	0	1	1	4,5

ESOTEAM	1	0,5	0,5	1	0	1	4
---------	---	-----	-----	---	---	---	---

Как свидетельствуют данные итоговой таблицы 1, по рейтинговым показателям с большим отрывом лидируют такие компании, у которых информационная доступность и широкий спектр самой информации о деятельности предприятия. создают высокий уровень доверия потенциальных заказчиков.

Библиография

1. Главный контрольно-испытательный центр питьевой воды [Электронный ресурс]: - URL: <https://gicpv.ru/>, загл. с экрана, Яз. Рус. (дата обращения 01.02.2023).
2. ИСВОДЦентр [Электронный ресурс]: Лаборатория анализа качества воды - URL: <https://www.isvod.center/>, загл. с экрана, Яз. Рус. (дата обращения 28.01.2023).
3. Испытательная лаборатория Лаб24 [Электронный ресурс]: - URL: <https://lab-24.ru/>, загл. с экрана, Яз. Рус. (дата обращения 29.01.2023).
4. НОБИЛИ [Электронный ресурс]: - URL: <https://www.nobili.ru/>, загл. с экрана, Яз. Рус. (дата обращения 09.02.2022).

Сравнительная эколого-геохимическая характеристика районов Измайлово и Сокольники ВАО г. Москвы. Гусейнов А.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: amirnurgus@mail.ru), Хомич А.С. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), (e-mail: khomich.nst@mail.ru)*

Аннотация

В статье, полученных на основе полевых исследований и лабораторных данных, приводится сравнительная эколого-геохимическая характеристика районов Измайлово и Сокольники Восточного административного округа Москвы.

Ключевые слова

Восточный административный округ Москвы, Измайлово, Сокольники, эколого-геохимическая характеристика.

Теория

Восточный административный округ Москвы является одним из наиболее крупных и крайне неоднородных по составу функциональных зон. С одной стороны, Восточный округ имеет на своей территории половину зеленых насаждений Москвы, таких как: Измайловский, Перовский, Сокольнический парки, усадьба Кусково, Черкизовский и Гольяновский пруды. С другой стороны - на территории Восточного округа находятся три промышленные зоны - «Прожектор», «Соколиная гора» и «Калошино», суммарные выбросы которых предприятиями машиностроения, энергетики и транспорта составляют до 15% от всех вредных выбросов в столичную атмосферу [1].

Широкий спектр функциональных зон и чересполосица в их пространственном размещении создают всю гамму экологических обстановок: от благоприятной и относительно благоприятной до неблагоприятной и крайне неблагоприятной (рис.1) и, в целом, затрудняют однозначную экологическую оценку Восточного округа [2].



Рисунок 1. Экологическая обстановка в Восточном округе Москвы [3]

Целью данной работы является сравнительная комплексная эколого-геохимическая характеристика двух районов Восточного административного округа, расположенные недалеко друг от друга, но резко отличающиеся по составу функциональных зон – районов Сокольники и Измайлово [4].

Для реализации поставленной цели на участках названных районов были организованы комплексные почвенно-эколого-геохимические и газогеохимические исследования. В отобранных с поверхностного, наиболее представительного гумусового горизонта как природных, так и городских почв, был определен широкий спектр таких показателей, как кислотность, содержание Cd, As, Hg, Pb, Zn, Cu, Ni, V, Mn, 3,4-бензпирена, нефтепродуктов, индекс БГКП, индекс энтерококков, патогенные бактерии, яйца гельминтов. Кроме того, была проведена маршрутная гамма-съемка и газогеохимическое исследование грунтов .

Выводы

Реакция водного раствора проб и грунтов на территории Измайлово изменяется от слабощелочной до сильнощелочной, в районе Сокольники – от кислой до слабокислой. В Измайлово превышение фона по мышьяку до 1,7 раза, в Сокольниках – в пределах фона. Общее содержание водорастворимых солей в почвах обоих районов незначительное. Суммарные показатели загрязнения тяжелыми металлами - соответствуют допустимой категории загрязнения ($Z_c < 16$). Содержание 3,4-бензпирена в 6 пробах, отобранных на территории Измайлово, соответствует чрезвычайно опасной, остальные пробы - допустимой категории загрязнения. В районе Сокольники, содержание 3,4-бензпирена во всех пробах превышает ПДК, но не более чем в 2 раза.

По содержанию нефтепродуктов, техногенных радионуклидов, а также по санитарно-эпидемиологическим показателям почвы рассматриваемых районов могут быть отнесены к V классу опасности, то есть являются практически не опасными.

Газогеохимические исследования показали, что почвы и грунты в пределах районов Измайлово и Сокольники характеризуются отсутствием биогаза и не нуждаются в проведении мероприятий по газогеохимической защите.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что территория района Сокольники менее загрязнена по сравнению с территорией Измайлово и более благоприятна в эколого-геохимическом отношении. Преобладание в составе функциональных зон зелёных насаждений, по-видимому, играет не последнюю роль.

Библиография

5. Андреева П.Д., Бубнова О.П. Оценка экологической обстановки Восточного административного округа г.Москвы. // Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL:<ahref="https://scienceforum.ru/2015/article/2015016115">https://scienceforum.ru/2015/article/2015016115 (дата обращения: 01.02.2023).

6. Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М. «Геохимия ландшафтов Восточной Москвы»/ Н.С. Касимов, Д.В. Власов, Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова - М.: АПР, 2016. – 21-29 с.
7. Расположение районов Восточного административного округа. Электронный ресурс]-режим доступа: Москва, районы и административные округа | Лучшее место для жизни (gilsostin.ru) (дата обращения 05.02.2023).
8. Экология Москвы и устойчивое развитие / Под ред. Г.А. Ягодина. М.: 2008.- 352 с.

***Оценка экологических рисков на предприятиях нефтегазового комплекса.
Долгополова О.Н.(МГРИ, e-mail: ondolgorpolova@mail.ru)***

Аннотация

Оценка риска – один из действенных инструментов управления экологической безопасностью. Экологическая оценка риска - процесс, в результате которого оценивается вероятность проявления неблагоприятных экологических последствий, вызванных функционированием предприятия нефтегазового комплекса. Предварительная идентификация рисков, которые впоследствии могут возникать при ведении производственных процессов, позволяет реализовать превентивные меры, направленные на их снижение и проявление риска, а также последствий от их реализации.

Ключевые слова

Риск, управление, оценка, анализ, экологический, нефтегазовый комплекс.

Теория

На начальных этапах ведения производственной деятельности предприятий нефтегазового комплекса приоритетный курс был ориентирован исключительно на получение максимальной прибыли без учета расходов на природоохранную деятельность, что привело к непоправимому ущербу окружающей среде: большинство территорий, задействованных в ведении операционных работ по добыче нефти и газа, относятся к регионам с неблагоприятной экологической обстановкой.

Длительное отрицательное влияние производственной деятельности и снижение рентабельности месторождений, включая износ основных производственных фондов, приводит к снижению качества продукции, указанные факторы в значительной мере оказывают влияние на эффективность деятельности нефтяных компаний, в настоящий момент испытывающих дефицит инвестиционного капитала [4]. В процессе деятельности промышленных предприятий нефтегазового сектора образуются незапланированные сбросы нефтепродуктов и отходы, которые неизбежно наносят ущерб окружающей среде и, как следствие, увеличивают вероятность реализации экологических рисков [1].

В таких условиях особую актуальность приобретают решения, направленные на принятие мер по уменьшению вероятности возникновения экологических рисков компании. Формирование действенной системы оценки рисков на нефтегазодобывающих предприятиях должна основываться на сочетании инструментов, относящихся к управлению рисками и показателей эффективности деятельности. В нефтегазовой сфере наиболее широко применяются исследования, направленные на выявление важнейших рисков, изучение и оценка которых позволит обеспечить соответствие фактических показателей их плановым значениям с сохранением интересов нефтегазодобывающего предприятия.

Риски предприятий нефтегазовой отрасли являются специфическими, что связано с особенностями производственного процесса. К специфике нефтегазовой отрасли относится [2]:

- удаленность расположения нефтегазовых месторождений, что не подлежит изменению;
- многостадийный процесс эксплуатации месторождений;
- негативное экологическое воздействие на природную среду в процессе разработки месторождений;
- продолжительность эксплуатации нефтегазовых объектов;
- подвижный характер природных факторов;
- большинство технико-экономических показателей разработки нефтегазовых месторождений носят вероятностный характер;
- увеличение объемов капиталовложений при эксплуатации месторождения, которые направляются на компенсацию падения добычи на истощенных месторождениях;
- долгий срок окупаемости реинвестированного капитала, высокий уровень капиталоемкости добычи углеводородов, необходимость вложения существенных денежных средств;
- понижение итогового коэффициента извлечения углеводородов в следствие ускоренного отбора;
- использование систем разработки нефтяных и газовых месторождений, которые приводят к быстрому обводнению скважин и снижению объемов добычи углеводородов;
- падение темпов ввода новых скважин в эксплуатацию и объемов поискового и разведочного бурения;
- отсутствие надлежащей оценки состояния фонда скважин с целью своевременного проведения геолого-технических мероприятий;
- недостаточное финансирование непрофильных бизнес-процессов;
- крупные затраты и большое количество мероприятий, которые направлены на интенсификацию добычи газа и газоотдачи пластов.

Перечисленные особенности оказывают влияние на формирование рисков в бизнес-процессах нефтегазовых компаний. В современных условиях невозможна оценка экономической эффективности освоения нефтегазовых ресурсов без учета экологических рисков и ущербов. Поэтому, необходимо оценить экологические риски, возникающие вследствие возможного выброса нефти в окружающую среду, что является наиболее распространенным следствием частого и масштабного загрязнения окружающей среды и возникновения ущербов [3].

География перспективных нефтегазоносных регионов охватывает территорию со значительными параметрами климатических показателей и условий, что предполагает наличие характерных геоэкологических особенностей, которые необходимо учитывать при разработке программ и реализации проектов, при которых воздействие на окружающую среду объектов нефтегазовой промышленности проявляется и на этапе сооружения, и на этапе эксплуатации. К основным региональным факторам, определяющим формирование геоэкологических рисков, относятся все действующие и возможные природные и техногенные процессы.

Процесс добычи нефти и газа с точки зрения оценки геоэкологических рисков целесообразно дифференцировать на стадии обустройства и эксплуатации

месторождений, соответственно воздействия объектов добычи на окружающую среду будут различаться. Оценку геоэкологических рисков при транспортировке нефти и газа целесообразно выделять на этапах сооружения и эксплуатации объекта:

I. Этап сооружения нефтепровода: аварии при сооружении и испытаниях; техногенное воздействие при строительстве объектов транспорта; эмиссия вредных веществ при работе строительной техники.

II. Этап эксплуатации нефтепроводов: аварии на промышленных объектах, включая компрессорные станции и линейную часть; утечка нефти и газа на компрессорных станциях и в линейной части; выбросы вредных веществ при сгорании природного газа на компрессорных станциях; температурные воздействия.

Государственные нормативные документы предписывают необходимость проведения анализа риска, но не требуют строго следовать определенным методам, оставляя выбор за предприятием в части разработки и применения нормативных документов, регулирующих процесс, основанных на действующих требованиях локального законодательства.

Достаточно широко в нефтегазовой отрасли применяется метод HAZOP (HAZard and OPerability study, дословно «угроза/опасность» и «работоспособность»), который начинается с изучения всего перечня контролируемых показателей состояния анализируемого объекта и их отклонений от допустимых значений (критериев безопасности), проводится анализ элементов оборудования, воздействий и нагрузок на них, а также анализ предшествующих повреждений, аварий и неполадок. Данный метод помогает выявить все предполагаемые непрерывные выбросы от объекта с целью их минимизации на стадии проектирования.

HAZOP является формой анализа видов и последствий отказов. Это процедура идентификации возможных опасностей по всему объекту в целом. В процессе применения метода необходимо выявить источники опасности (например, взрывы, утечки, пожары и т.д), определить части системы, которые могут вызвать эти опасные состояния и рассмотреть возможные ограничения анализа (н., ошибки людей, поражения молнией, землетрясений и других возможных воздействий). Целесообразно проводить анализ каждой основной единицы оборудования и всего вспомогательного оборудования, с учетом отклонений процесса. Организационная схема применения метода HAZOP представлена на рис.1.

Современные технологии используют более технически сложные процессы, вследствие чего увеличивается и перечень источников риска. Таким образом, негативное влияние техногенных факторов проявляется в воздействии на природную среду, в частности из-за повышения аварийности и менее тщательного контроля за соблюдением технологии.

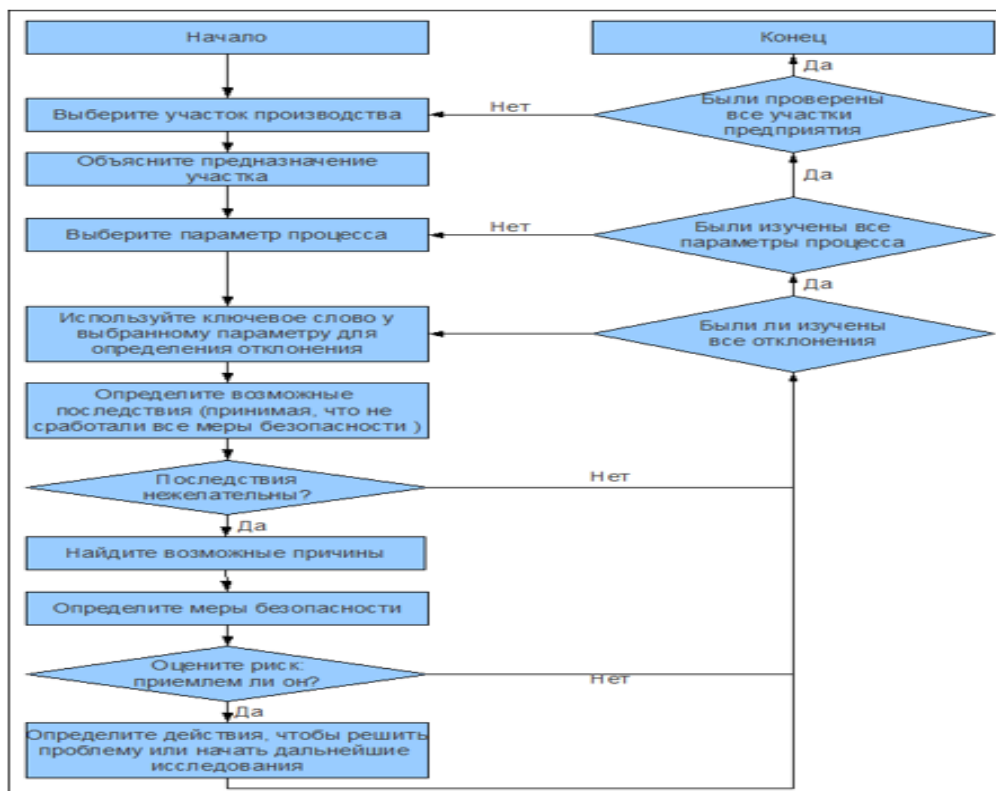


Рисунок 1. Организационная схема применения метода HAZOP.

Выводы

При изучении влияния экологических рисков, следует учитывать специфичность конкретного региона, что обеспечит определение перечня наиболее проблемных факторов риска для конкретной территории. Все выявленные региональные особенности природных и техногенных процессов необходимо рассматривать в комплексе, что поможет определить проблемные места и снизить влияние рисков, подкрепив это взвешенной системой поддержки принятия решений по управлению финансовыми и ресурсными потоками, а также ужесточением требований к проведению государственной экспертизы природоохранной деятельности.

Библиография

1. Антонова Н.А. Риски: классификация и методы управления в рамках дьюдилидженс/ Н.А. Антонова // Аудиторские ведомости. 2016. №7
2. Буренина И.В. Выявление и оценка влияния на производственную стратегию газодобывающего предприятия/ И.В. Буренина, Г.Т. Сиргалина// Вестник СибАДИ.- 2016.№ 6(52).С.117-121.
3. Никитина Ю.А., Шевчук А.В. Основные направления государственной экологической политики// Материалы Всероссийской научной конференции «Биосфера-почвы-человечество: устойчивое развитие». – М.: Фонд «Инфосфера» - НИА-Природа, 2011. – 0,7/0,4 п.л. – С. 476-477.
4. Толстоногов А.А. Оценка перспектив развития нефтяного комплекса России за счет повышения его инвестиционной привлекательности // Современные

проблемы науки и образования. – 2014. – № 5; URL: www.science-education.ru/119-14958.

Безопасность в горнодобывающей промышленности: проблемы и решения. Заернюк В.М. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, zym4651@mail.ru)

Аннотация

Системный подход к охране труда и технике безопасности в сочетании с внедрением нового оборудования и новых технологий в горнодобывающей промышленности, а также продвижение культуры безопасности является жизнеспособным методом снижения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Усовершенствованные технологии с эффективными системами управления способствуют значительному снижению уровня промышленных аварий. В статье рассматриваются организационные мероприятия, необходимые для повышения промышленной безопасности в горнодобывающей отрасли.

Ключевые слова

горнодобывающая промышленность, промышленная безопасность.

Теория

Горнодобывающая промышленность изобилует проблемами безопасности, что создает значительную причину для беспокойства как для рабочих, так и для горнодобывающих компаний. Благодаря осведомленности, регулярному обучению технике безопасности и правильным мерам предосторожности горнодобывающая промышленность может стать относительно безопасной отраслью.

Поскольку компании по всей Российской Федерации работают над устранением проблем безопасности в горнодобывающей промышленности, все еще есть много возможностей для улучшения.

Обратимся к официальной статистике, характеризующей состояние дел с травматизмом в стране по важнейшим отраслям материального производства, включая отрасль по добыче полезных ископаемых. Обзор производственного травматизма по основным направлениям предпринимательской деятельности на основе информации, предоставленной Фондом социального страхования Российской Федерации (СИФ РФ), показал, что к отраслям с наибольшим количеством пострадавших относятся: обрабатывающая промышленность (28,8%), строительство (9,8%), здравоохранение (8,6%), транспорт (8,3%), сельское хозяйство (6,8%) и горнодобывающая промышленность (4,5%) (Отчет о состоянии охраны труда и промышленной безопасности в Российской Федерации) [4].

В 2020 году наметилась устойчивая тенденция к снижению производственного травматизма. Количество тяжелых аварий (групповых, тяжелых и смертельных) снизилось на 5% меньше в годовом исчислении. По заключению Росстата, Роструда, Роспотребнадзора и ФСС в период с 2000 года по 2020 год наблюдается устойчивая тенденция снижения как абсолютных, так и относительных показателей производственного травматизма (исключение составили 2007 и 2010 годы, когда произошли крупные аварии на угольных шахтах).

Так, за указанный период с 2000 по 2020 годы по данным выборочных наблюдений Росстата [3] численность пострадавших на производстве с утратой трудоспособности на 1 день и более и со смертельным исходом сократилась в 7,4 раза -

с 151,8 тыс. человек до 20,5 человек, со смертельным исходом в 4,6 раза - с 4,40 тыс. человек до 0,91 тыс. человек. Такому сокращению численности травмированных на производстве способствовали как социально-экономические факторы (сокращение численности занятых в экономике, изменение структуры занятости, особенно в начале 2000-х гг., снижение доли занятых физическим трудом, модернизация производства, рост доли высокотехнологичных производств, рост валового внутреннего продукта, что позволяло больше средств направлять на охрану труда¹), так и факторы, непосредственно связанные с организацией охраны труда – совершенствование государственного управления охраной труда, включая развитие законодательной базы в области охраны труда.

На рисунке 1 показано соотношение удельного веса занятых по этим 6 видам экономической деятельности и удельного веса пострадавших со смертельным исходом. По удельному весу количества пострадавших со смертельным исходом на производстве лидируют 6 видов экономической деятельности (с долей пострадавших со смертельным исходом, в течение 4 наблюдаемых лет превышающей порог в 5%): строительство (22,6%); обрабатывающие производства (16,4%); сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство (12,5%); добыча полезных ископаемых (8,4%); торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств (6,6%); транспортная и складская деятельность (8,8%).

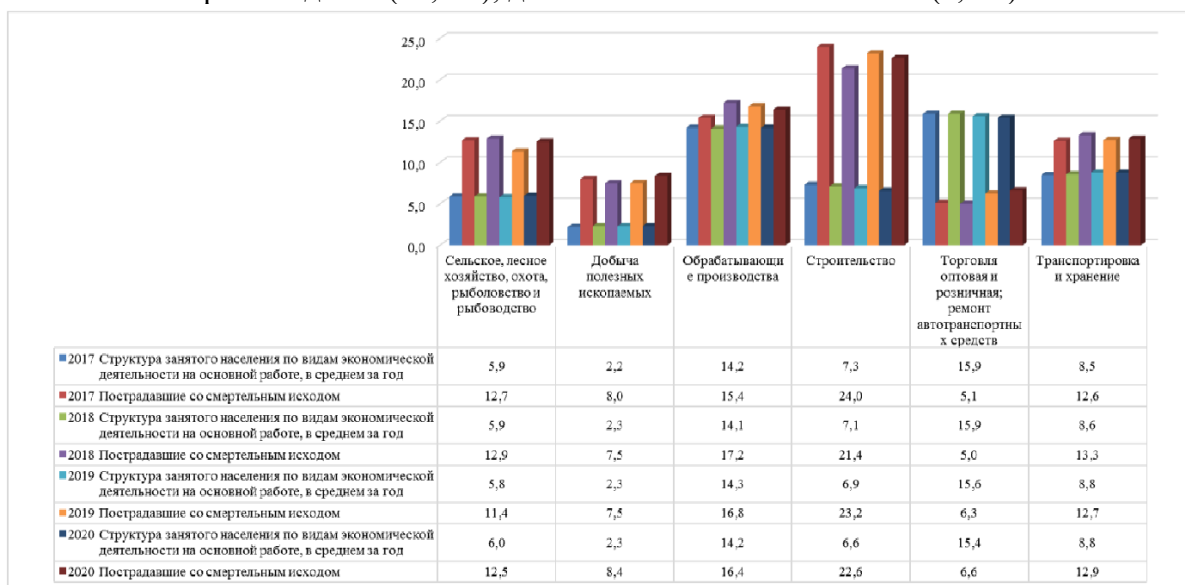


Рисунок 1 .- Соотношение занятых и пострадавших со смертельным исходом по 6 видам экономической деятельности в 2017–2020 годах²

Проблемы безопасности, стоящие перед горнодобывающей промышленностью, огромны. От риска профессиональных заболеваний до риска серьезных травм или даже смерти, горные рабочие в России и во всем мире сталкиваются с потенциальными опасностями во время работы каждый день.

Воздействие опасных химических веществ. В горнодобывающей промышленности рабочие часто подвергаются воздействию полимерных химикатов и других потенциально вредных веществ. Осознание потенциальных рисков воздействия является важным аспектом протоколов безопасности. Горнодобывающие компании

¹ По сравнению с 2000 годом расходы работодателей на мероприятия по охране труда на 1 работающего в 2020 году увеличились почти в 15 раз.

² Данные Росстата и экспертный расчёт по данным Роструда

должны внедрять правила компании, которые касаются надлежащего обращения с вредными химическими веществами с особым вниманием к использованию средств индивидуальной защиты (СИЗ), безопасному использованию, вентиляции и надлежащим методам утилизации.

Профессиональные заболевания. Профессиональные заболевания остаются очень реальной угрозой для тех, кто работает в горнодобывающей промышленности. Те, кто работает в закрытых подземных зонах, часто подвергаются воздушно-капельным опасностям, в том числе кремнезем, а иногда и асбест. Эти вещества, как известно, вызывают рак в легких, мочевом пузыре и других частях тела.

Травмы от тяжелой техники. Управление дорожным движением невероятно важно в горнодобывающей промышленности. К сожалению, рабочие умирают или получают травмы в результате дорожно-транспортных происшествий и аварий с тяжелым оборудованием в шахтах почти каждый год. Риски работы с тяжелой техникой включают в себя удар или наезд, раздавливание, падение с высокого оборудования или заезд в немаркированные или неохраняемые отверстия в земле.

Травмы от взрывчатых веществ. Взрывчатые вещества являются важной частью процесса добычи. Они используются для взрыва туннелей и отверстий в земле, чтобы рабочие могли извлекать природные ресурсы из земли. В то время как горнодобывающие компании обязаны иметь безопасные протоколы обработки и хранения взрывчатых веществ, несчастные случаи все еще происходят. Важно, чтобы взрывчатые вещества были доступны и взорваны только работниками, которые обучены обращаться с ними в соответствии с протоколами безопасности и местными правилами добычи полезных ископаемых..

Потеря слуха. Шахтеры часто подвергаются воздействию громких шумов, включая взрывы, бурение и тяжелую технику. Без надлежащей защиты ушей работники могут подвергаться риску ушного шума (тиннитуса) или даже постоянной потери слуха.

Воздействие тепла и ультрафиолета. Добыча полезных ископаемых - это деятельность на свежем воздухе, и в летние месяцы воздействие тепла и ультрафиолетовых лучей от солнца может представлять серьезную угрозу. Чрезмерное воздействие может привести к таким симптомам, как солнечный ожог, головная боль, обезвоживание, тошнота, учащенное сердцебиение и затрудненное дыхание.

Специфика горнодобывающей отрасли требует серьезной проработки с точки зрения обеспечения системности требований безопасности, согласования отраслевых и общепромышленных нормативов. В условиях риск-ориентированного подхода вся контрольная деятельность переходит на уровень производственных подразделений, при этом возрастает роль квалификации персонала, поскольку организационные риски являются преобладающими в горной промышленности. Следовательно подготовка кадров должна стать одной из важных задач реформы контрольно-надзорной деятельности. Решить ее только через систему дополнительного профессионального образования не получится, т.к. в этой системе готовятся в основном кадры верхнего управленческого уровня, а нижний и средний уровень руководства горными работами осуществляется выпускниками вузов. Это, в свою очередь, требует повышения уровня профессиональной подготовки выпускников горных вузов, что в сложившейся на сегодня системе базового инженерного образования реализовать затруднительно, требуется корректировка действующего закона об образовании [1].

Меры, которые необходимо разработать и предпринять производственным компаниям, чтобы не допустить всплеска аварийности и травматизма, — важнейшая задача настоящего периода. Прежде всего, это касается формирования системы

отраслевых нормативно-правовых актов. Целевая структура нормативного государственного регулирования предусматривает [2] построение системы, включающей: наднациональные акты, федеральные законы, постановления Правительства РФ, ведомственные нормативные правовые акты.

Основные требования к этой системе нормативных актов:

- введение контроля только относительно обязательных требований, несоблюдение которых приводит к негативным последствиям для ключевых ценностей, и устранение требований к процессам, осуществляемым в конкретной деятельности;
- дифференциация обязательных требований и меры ответственности в зависимости от категории риска;
- исключение противоречий в актах различного уровня;
- исключение дублирования полномочий, объектов контроля;
- обеспечение наглядности («прозрачности»), однозначности формы представления обязательных требований, формул и методик расчетов, применяемых для оценки рисков по обязательным требованиям.

Риски, связанные с природными и техногенными факторами горного производства, на минимизацию которых направлено исполнение нормативно-методических документов по безопасному ведению горных работ, представляют собой прямую угрозу жизни и здоровью персонала горнодобывающих предприятий, и их снижение является жизненно необходимым.

Следовательно, отраслевая нормативная база должна предусматривать регламентацию всех контуров защиты технологического, технического, организационного, а также индивидуальной защиты.

Выводы

Тенденция к снижению количества всех видов несчастных случаев на производстве за последние годы характеризуется устойчивостью. Снижение числа пострадавших связано как с социально-экономическими изменениями, так и регуляторной политикой, практикой работы государственных инспекций труда по привлечению к административной ответственности. При том, что потенциал устранения причин технико-технологического характера не исчерпан полностью, но существенно снижается, требуется системная работа над причинами, которые носят организационный характер и в основе которых лежит «человеческий фактор».

Одним из ключевых факторов устойчивого развития является совершенствование системы управления безопасностью на предприятии, что, в свою очередь, обеспечит высокие стимулы для сотрудников, повысит производительность труда, сократит потери, улучшит статус работы горняков в обществе.

Библиография

1. Каледина Н.О. Риск-ориентированный подход в обеспечении промышленной безопасности горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 6-1. С. 5–14.
2. Методика исполнения плана мероприятий («Дорожная карта») по реализации механизма «регуляторной гильотины»: М., 2019. 140 с.
3. Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2020 г. / Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. URL.:

https://vcot.info/uploads/researches_file/619cbdc415951343985474.pdf?ysclid=ldh1kjs4lb911886564

4. Nikulin A and Nikulina A.Y. Evaluation of the effectiveness of labor protection and safety at the mining company / Eco. Env. & Cons. No 23 (1): 2017; pp. 533-537.

Геоэкологические проблемы освоения сероводородсодержащих месторождений нефти и газа. Каледина М.В.* (МГРИ, kaledina01@list.ru), Щерба В.А. (МГРИ, shcherba_va@mail.ru)

Аннотация

В статье отмечается, что сероводород, содержащийся в составе некоторых месторождений нефти и газа, представляет опасность для технологического оборудования, окружающей среды и живых организмов в виду своих агрессивных свойств. В то же время, сероводород представляет собой сырье для получения серы. Рекомендуются применение современных технологий, которые позволят предотвратить возможные негативные последствия при транспортировке углеводородов.

Ключевые слова

Углеводороды, сернистые соединения, сероводород, нефтегазодобывающая отрасль.

Теория

На территории России открыт ряд месторождений нефти и газа, содержащих сероводород. К ним относятся Оренбургское и Астраханское месторождения. Содержание в пластовой продукции агрессивных неуглеводородных компонентов является особенностью Оренбургского газонефтеконденсатного месторождения, которое было открыто в 1966 году. Наличие сероводорода предопределило строительство и пуск в работу газоперерабатывающего завода, включающего установку по очистке природного газа от сероводорода и получения товарной серы. В 1977 году было открыто Астраханское газоконденсатное месторождение, Его запасы оцениваются в 2,5 трлн кубометров газа и 400 млн т конденсата. В настоящее время мощность завода составляет 12 млрд м³ газа и чуть более 4 млн т нефти и газового конденсата в год. Из-за высокого содержания кислых компонентов в добываемом газе — около 12-16% углекислого газа и 24-26% сероводорода — "Газпром добыча Астрахань" занимает в области первое место по объему выбросов вредных веществ в атмосферу, а действующие в области квоты на выбросы сернистого газа и углекислоты практически исчерпаны. Технологическая база предприятия пока не позволяет решить эту проблему [1, 3].

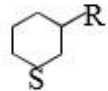
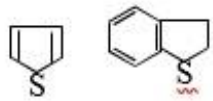
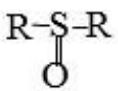
Сжигание человечеством огромного количества различных видов топлива, в том числе природного газа, за последние полвека привело к заметному увеличению содержания углекислого газа в атмосфере, который, как и метан, является парниковым газом. Наибольшее негативное воздействие на окружающую среду осуществляется в пределах территорий газовых и нефтяных месторождений, а также в ближайших населенных пунктах и на протяжении линии магистральных трубопроводов. Непосредственному воздействию подвергаются такие компоненты природных комплексов, как растительность, почва, микрорельеф, верхние горизонты горных пород, подстилающие почву. В результате тесной взаимосвязи компонентов природной среды воздействию также подвергаются гидрогеологический режим, снежный покров,

тепломассообмен в приземном слое атмосферы, что в свою очередь вновь оказывает в дальнейшем влияние на растительность, почву, микрорельеф [2].

Совместная добыча нефти и газа приводит к изменению глубоко залегающих горизонтов геологической среды, что может привести к необратимым деформациям земной поверхности. Перемещения земной поверхности, вызываемые откачкой из недр воды, нефти или газа, могут быть более значительными, чем даже при тектонических движениях земной коры. Сернистые соединения нефти и газа – компоненты углеводородов, представляющие собой сложные смеси, которые состоят из меркаптанов, сульфидов, а также дисульфидов и гетероциклических соединений [4]. Известно более 200 сернистых соединений, обнаруженных в нефти. В большинстве своём сера в нефти и газе содержится в виде циклических соединений и их гомологов, сульфидов (тиоэфиры) и дисульфидов (дитиэфиры), сероводорода, меркаптанов (тиолы) и элементной серы. Сероводород, меркаптаны и свободная сера наиболее агрессивны. В таблице 1 представлены перечисленные соединения.

Сернистые соединения нефти – компоненты углеводородов, представляющие собой сложные смеси, которые состоят из меркаптанов, сульфидов, а также дисульфидов и гетероциклических соединений [4]. Известно более 200 обнаруженных в нефти. В большинстве своём сера в нефти и газе содержится в виде циклических соединений и их гомологов, сульфидов (тиоэфиры) и дисульфидов (дитиэфиры), сероводорода, меркаптанов (тиолы) и элементной серы. Сероводород, меркаптаны и свободная сера наиболее агрессивны. В таблице 1 представлены перечисленные соединения.

Таблица 1. Сернистые соединения сырой нефти [6]

№	Химическая формула	Название	Ткип., оС	Примечание
1	S	Элементарная сера	134 (Т _{пл.})	Активная сера
2	H ₂ S	Сероводород	– 60,7	
3	COS	Карбонилсульфид	–47,5	
4	RSH	Меркаптаны (тиолы)	6–500	
5	CS ₂	Сероуглерод	46,3	
6	R-S-R, Ar-S-A-R, Ar-S-Ar 	Сульфиды (тиоэфиры)	35–600	
7	R-S-S, Ar-S-S-R	Дисульфиды (дитиэфиры)	109–600	
8		Тиофены	84–600	Остаточная сера
9		Сульфоксиды		

Сероводород – наиболее агрессивный реагент, воздействующий на систему нефтедобычи и не имеющий аналогов по своей токсичности и разрушительности. Он чрезвычайно ядовит как для человека, так и для животных. Сероводород H_2S является чрезвычайно ядовитым бесцветным газом. Характерным признаком этого газа является запах.

Высокая способность к восстановлению – важнейшее химическое свойство сероводорода. При соединении с кислородом воздуха сероводород постепенно окисляется до свободной серы. Гораздо быстрее происходит окисление сероводорода в растворе. Окислителями сероводорода легко становятся галогены, на чём основан йодометрический способ его аналитического определения. Кроме того, в условиях повышенной температуры или при наличии влаги сероводород способен вступать в реакцию со многими металлами и образовывать соответствующие сульфиды.

Сероводород становится ядовитым, если его содержание в 1 л воздуха рабочей зоны превышает 0,01 мг. Известна также способность сероводорода во влажной среде образовывать растворы сернистой и серной кислот. Последние, как известно, значительно увеличивают скорость коррозии труб, арматуры и оборудования [7]. Природные газы и нефти различных месторождений могут содержать сернистые соединения в количествах, колеблющихся в широких пределах – от долей до десятков процентов.

В природе сероводород встречается относительно редко, в частности, в составе попутного нефтяного газа, природного газа, вулканического газа, в растворенном виде в природных водах. В мизерных количествах он содержится даже в организме человека, но при высокой концентрации сероводород способен привести к серьезному отравлению. В процессе освоения нефтегазовых месторождений, например, на стадии разведки и начальной стадии разработки Усинского нефтяного месторождения не отмечалось наличие сероводорода в нефтяном газе. Однако в процессе дальнейшей разработки в нефтяном газе и воде, добываемых из пермско-карбоновой залежи, наблюдался рост концентрации H_2S и за первые четыре года разработки, содержание сероводорода увеличилось с 0,001 до 0,025 % [7].



Рисунок 1. Последствия коррозии, вызванной действием сероводорода [5]

Сероводород в высоких концентрациях оказывает разрушительное воздействие на технологическое оборудование, используемое при добыче углеводородов, что впоследствии приводит к выходу оборудования из строя и выбросу в окружающую среду опасного количества данного газа.

Следует отметить, что сероводород обладает не только негативным воздействием на оборудование и окружающую среду. При использовании на месторождении современных технологий и антикоррозионного оборудования в процессе переработки из опасного газа получают элементарную серу, которая в дальнейшем применяется во многих сферах деятельности человека: производство серной кислоты, получение других кислот, выпуск химической продукции, лекарств, целлюлозно-бумажная промышленность, сельское хозяйство и других.

Выводы

На территории нашей страны имеется ряд месторождений природного газа, содержащих в своем составе сероводород. Этот газ в высоких концентрациях представляет серьезную угрозу не только для технологического оборудования, но и является токсичным для живых организмов. Он пагубно влияет на дыхательные пути и нервную систему. Непрерывно развивающиеся технологии и появление новых методов решения возникающих при освоении содержащих сероводород месторождений позволяет предотвратить возможные негативные последствия. В частности, в результате применения при транспортировке углеводородов новых марок стали, которые устойчивы к действию сероводорода. Сероводород является прекрасным сырьем для получения высококачественной элементарной серы.

Библиография

1. Ахияров А. В., Поляков Е. Е. Условия формирования Астраханского газоконденсатного месторождения и перспективы новых открытий в ареале Астраханского свода // Вести газовой науки. 2011. №3 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/usloviya-formirovaniya-astrahanskogo-gazokondensatnogo-mestorozhdeniya-i-perspektivy-novyh-otkrytiy-v-areale-astrahanskogo-svoda> (дата обращения: 15.02.2023).
2. Байманова А.Е., Жакупова Г.Ж. Серосодержащие соединения нефти и основные методы очистки нефти и нефтяных фракций от них: Учебное пособие. - Актобе, АГУ им. К. Жубанова, 2010. - 36 с.
3. Гурбенко П.П. Уникальность Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения: вчера, сегодня, завтра // Молодой ученый. - 2022. - №45. - С. 247-249.
4. Калечиц И.В. Химия гидрогенизационных процессов. М.: Химия, 1973. - 336 с.
5. Коррозия трубопроводов: причины возникновения, методы борьбы с ржавчиной // Все про краску URL: <https://vseprokrasku.ru/spetsmaterialy/korroziya-truboprovodov> (дата обращения: 07.02.2023).
6. Туваков М.О. Особенности эксплуатации нефтепромышленных систем при добыче нефти в условиях образования сероводорода: автореф. дис. Томск, 2021. - 102 с.

7. Юшков И.Р., Хижняк Г.П., Илюшин П.Ю. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений: учеб. -метод. пособие – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 169 с.

Экологический аспект изучения нефтегазоносности палеозойских отложений северной части Республики Калмыкия. Карташов А.А. (ФГБУ ВНИГНИ, kartashov@vnigni.ru), Левшунова С.П. (ФГБУ ВНИГНИ, lev@vnigni.ru), Горлов Д.А. (ФГБУ ВНИГНИ, gorlov@vnigni.ru)*

Аннотация

В статье рассмотрены геологическое строение, литологическая характеристика и особенности нефтегазоносности палеозойских отложений Республики Калмыкия.

Установлено наличие очень высоких концентраций кислых газов (углекислого газа и сероводорода) в составе газов залежей углеводородов в карбонатных отложениях Республики Калмыкия, а также ртути в подземных водах хвалынского горизонта соседнего Астраханского газоконденсатного месторождения. Обращено внимание на соблюдение экологических норм (ПДК) при изучении нефтегазоносности территории Калмыкии.

Ключевые слова

Калмыкия, нефтегазоносность, сероводород, ртуть, экология.

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках ГОСЗАДАНИЯ ФГБУ «ВНИГНИ».

Теория

Северная часть Республики Калмыкия в геологическом отношении представляет область сочленения Прикаспийской впадины с кряжем Карпинского посредством Каракульско-Смушковской зоны поднятий (КСЗП). Непосредственно к северу от КСЗП располагается Астраханский свод, Сарпинский прогиб и Карасальская моноклираль. На юге КСЗП отделяется тектоническим швом от структуры кряжа Карпинского (Рис.1) [4].

КСЗП представляет собой систему пластин (чешуй), сложенных отложениями московско-артинского возраста, надвинутых со стороны кряжа Карпинского на подстилающие более древние каменноугольные образования Прикаспийской впадины и плащеобразно перекрытые сверху более молодыми мезозойско-кайнозойскими отложениями. Преимущественно карбонатные отложения верхнедевонско-нижнебашкирского возраста мощностью до 2000 м и более были вскрыты в пределах центральной части КСЗП скважинами №№ 2 и 5 Смушковскими, 1 и 2 Краснохударскими и 2 и 4 Ашунскими. По результатам бурения и сейсморазведки ряд исследователей выделяет здесь единый Краснохударско-Смушковский карбонатный массив, отделенный от расположенного севернее Астраханского карбонатного массива нешироким прогибом (Каракульский палеопроегиб). К западу от Краснохударско-Смушковского массива карбонатные отложения замещаются на терригенные. Об этом свидетельствуют характер сейсмозаписи на временных разрезах ОГТ, прекращение прослеживания преломляющей высокоскоростной (6,3 км/с) границы, приуроченной к

кровле карбонатов Астраханского массива, а также результаты бурения скв. №1 глубиной 4788 м на Западно-Чапчаевской структуре. Последняя была подготовлена по отражающим горизонтам П2 и П3, соответствующим, предположительно, кровле карбонатов среднего и нижнего карбона. Скважиной была вскрыта мощная (3476 м) толща переслаивания аргиллитов, алевролитов и песчаников нижней перми, верхнего, среднего и нижнего карбона. Горизонт П2 оказался приуроченным к плоскости надвига одной из пластин, а горизонт П3 – к пачке плотных песчаников в поднадвиговой части нерасчлененных средне-нижнекаменноугольных отложений. Комплекс московско-артинского возраста также сложен терригенными породами общей мощностью 2000-2500 м. Покровный этаж КСЗП сложен среднеюрско-кайнозойскими образованиями общей мощностью 1500 и более м. При этом юрско-нижнемеловая, сеноманская и палеоген-неогеновая части разреза представлены преимущественно терригенными породами. Лишь верхнемеловую (турон-маастрихт) часть разреза слагают преимущественно карбонатные отложения [4].

Все литолого-стратиграфические комплексы северной части Республики Калмыкия в разные периоды времени являлись объектами нефтегазопромысловых работ. При этом наиболее серьезные перспективы обнаружения залежей углеводородов (УВ) возлагались на карбонаты палеозойского комплекса. В процессе поисковых работ было установлено, что в изученной части КСЗП условия для аккумуляции и консервации крупных скоплений УВ в карбонатах ниже-среднекаменноугольного возраста недостаточно благоприятны. Это связано, во-первых, с отсутствием здесь эвапоритовой толщи кунгура, являющейся региональным флюидоупором в Прикаспийской впадине. Во-вторых, выявлена глинизация карбонатных отложений и ухудшение их коллекторских свойств. Большинство опробованных интервалов оказалось практически непроницаемыми, либо слабопроницаемыми водоносными. При этом, в-третьих, в составе как водорастворенных газов, так и полученных в результате опробования отмечается высокое (до 85-97%) содержание CO_2 . Кроме того, в газах, связанных с карбонатными отложениями, были отмечены высокие концентрации сероводорода. Так, при вскрытии карбонатов башкира в скв. №3 Смушковская было отмечено интенсивное газопроявление, приведшее к аварии и ликвидации скважины. Состав газа (в %): УВ – 46,81, N_2 – 4, 85, H_2S – 14, 36, CO_2 – 27,37. Еще выше концентрация сероводорода в группе структур к северо-востоку – до 42,8% в верхневизейских отложениях (скв. № 200 Николаевская, гл. 4617-4623 м). Как показывает опыт разработки месторождений с высоким содержанием сероводорода, пластовая смесь может содержать пары элементарной серы, которые, конденсируясь, переходят сначала в жидкую, а затем и в кристаллическую серу [2, 3]. Жидкая сера получена как из неглубоких скважин с низким содержанием сероводорода (месторождение Буххорст, ФРГ. H_2S -4,8%, t пласт $^{\circ}\text{C}$ – 134 $^{\circ}\text{C}$), так и из сверхглубоких (около 9 км) скважин (месторождение Мюррей Франклин, США, H_2S -98%, t пласт -126 $^{\circ}\text{C}$). Растворимость серы в пластовой смеси зависит от состава смеси, давления и температуры. При этом сера может находиться в виде физраствора в УВ или в химически связанной форме. Известно большое количество модификаций серы (аллотропов). Растворимость этих модификаций различна, равно как и их химическая активность [2, 3].

Рассматриваемый регион находится на стыке Восточно-Европейской и Скифской платформ, а также в зоне действия глубинных разломов, в частности Восточно-Африканского [1]. Поднимающиеся по ним глубинные флюиды часто содержат и такой экологически небезопасный элемент, как ртуть. Было проведено исследование

особенностей формирования микрокомпонентного состава подземных вод Астраханского газоконденсатного месторождения на примере вод хвалынского горизонта [5]. При этом сравнение проводилось со значениями предельно допустимых концентраций (ПДК) ртути, которые для пресных вод и вод рыбных хозяйств составляют 5×10^{-4} мг/л. Установлено, что в период с 1990 по 1993 г.г. концентрация ртути в водах хвалынского горизонта колебалась от 2×10^{-4} до 8×10^{-3} мг/л. Если первое значение не превышает ПДК, то второе – превышает более, чем на порядок.

Изучение нефтегазоносности подсолевых отложений северной части Республики Калмыкия, безусловно, является важной народно-хозяйственной задачей, которой занимаются многие научно-исследовательские и производственные организации. Однако и об охране окружающей среды и соблюдении нормативов ПДК по опасным выбросам необходимо заботиться, особенно в таком уникальном природном объекте, как северная часть Республики Калмыкия.

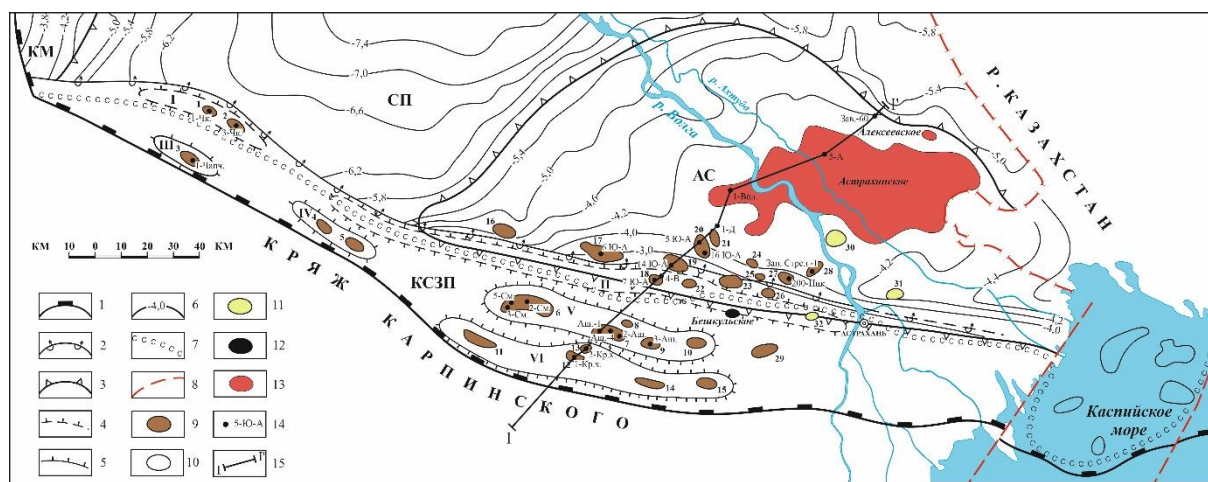


Рисунок 1. Обзорная карта зоны сочленения Прикаспийской впадины и кряжа Карпинского. 1 – юго-западная граница Прикаспийской впадины; 2 – северная граница Каракульско-Смушковой покровно-надвиговой зоны; 3 – границы крупных тектонических элементов; 4-5 – границы средних тектонических элементов (валов): 4 – по поверхности нижнепермских подсолевых отложений, 5 – по поверхности нижнебашкирских отложений; 6 – изогипсы подсолевой поверхности (км); 7 – южная граница распространения сульфатно-галогенных отложений кунгурского яруса; 8 – тектонические нарушения сдвигового характера; 9-11 – локальные структуры: 9 – палеозойские на суше, 10 – палеозойские в акватории, 11 – мезозойские (выборочно); 11-13 – месторождения: 11 – нефтяные, 12 – газоконденсатные; 14 – глубокие скважины (выборочно); 15 – линия геологического профиля.

Выводы

Установлено, что в пределах территории Республики Калмыкия в западном направлении происходит последовательная смена карбонатных отложений терригенными.

В пределах Каракульско-Смушковой зоны поднятий в результате как сильного метаморфизма, так и подтока глубинных флюидов по зонам разломов в газах залежей углеводородов в палеозойском комплексе установлены очень высокие концентрации кислых газов (углекислого газа и сероводорода).

В подземных водах хвалынского горизонта соседнего Астраханского месторождения установлено повышенное содержание ртути, временами превышающее ПДК (предельно допустимые концентрации).

Обращено внимание на соблюдение экологических требований при изучении нефтегазоносности территории Республики Калмыкия.

Библиография

1. Огаджанов В.А., Огаджанов А.В. О природе Мынтобинской геотермической аномалии – «Недра Поволжья и Прикаспия» вып 99, 2019, с.75-81.
2. Перепеличенко В.Ф. «Компонентоотдача нефтегазоконденсатных залежей» - М., «Недра», 1990, с.270.
3. Перепеличенко В.Ф., Баишев В.З., Кузнецов М.А. «Сырье Астраханского газоконденсатного месторождения» - «Газовая промышленность» №12, 1986, с 30-31.
4. Соловьев Б.А., Кондратьев А.Н., Левшунова С.П. Состояние и перспективы развития нефтегазопроисковых работ в зоне сочленения Прикаспийской впадины и кряжа Карпинского – «Геология нефти и газа» №4, 2010, с.31 – 38.
5. Фокина Л.М. «Формирование микрокомпонентного состава подземных вод территории Астраханского газоконденсатного месторождения» - Автореферат диссертации на соискание уч. степени канд. геол-минер. наук, МГУ, М., 1997, с.27.

*Совершенствование системы экологического мониторинга с использованием современных цифровых технологий. Киселёв Н.А. * (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», gasmassvs@gmail.com), Степанова М.В. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», stepanovamv@mgri.ru), Федотова В.П. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», fedotovavp@mgri.ru)*

Аннотация

В работе определены место и роль цифровых технологий в мониторинге окружающей среды, а также функциональные возможности создания цифрового ассистента для совершенствования существующей системы экологического мониторинга. Практическая часть посвящена разработке и тестированию цифрового ассистента на базе платформы Telegram для оптимизации системы мониторинга окружающей среды, определены область применения, достоинства и недостатки использования созданного цифрового ассистента.

Ключевые слова

Экологический мониторинг, цифровой помощник, ассистент, экологический маршрут.

Теория

Цифровой формат осуществил революционные преобразования в информационной среде, поскольку преобразование цифровых данных может осуществляться бесконечное число раз с помощью цифровых устройств без деградации данных на высокой скорости и с незначительными переменными издержками [1].

Актуальность заключается в создании цифрового ассистента для оптимизации системы экологического мониторинга, а также во внедрении современных цифровых технологий в учебный процесс для усовершенствования процесса проведения учебных практик и научных исследований в ВУЗе.

Целью работы является определение способов использования современных цифровых технологий при проведении мониторинга окружающей среды.

Одним из основных задач экологического мониторинга является сбор первичной информации, ее накопление, систематизация, анализ и формирование банка данных, а также оперативное обеспечение необходимой информацией всех заинтересованных лиц [4].

С помощью систем экологического мониторинга в разных странах фиксируют природные, антропогенные и техногенные факторы воздействия на среду, а также их последствия – изменения экологической обстановки, биоразнообразия, природных ресурсов и ландшафта [2, 3].

Для совершенствования системы экологического мониторинга был разработан цифровой помощник на платформе Telegram для оперативной передачи данных, полученных в результате мониторинга окружающей среды. Для примера был выбран параметр измерения уровня шума.

Функционал цифрового помощника состоит из следующего набора функций:

1. Создание экологического маршрута для мониторинга определенных параметров окружающей среды (рис. 1).

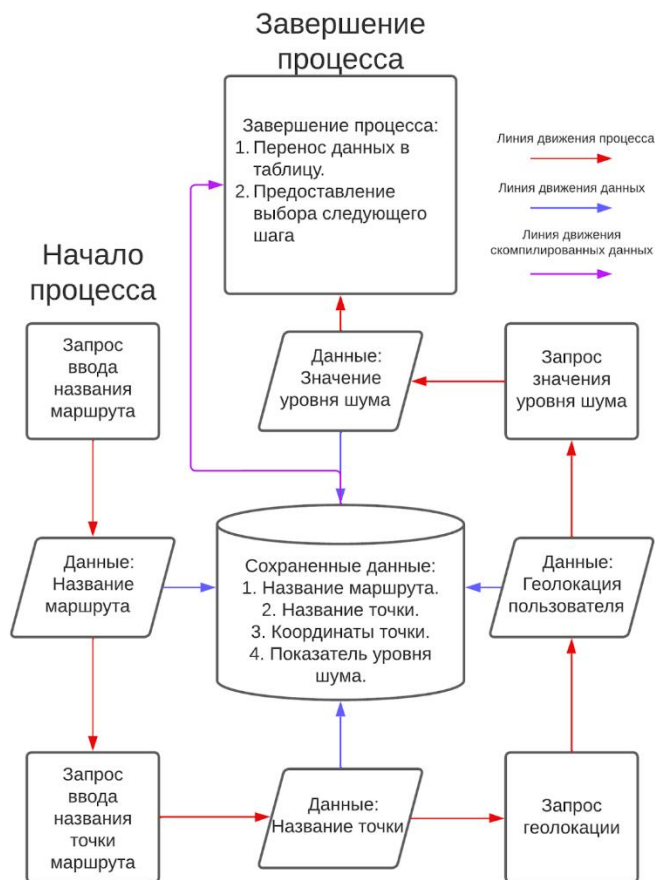


Рисунок 1. Блок-схема процессов функции «Создание экологического маршрута»

2. Использование заранее подготовленного экологического маршрута для мониторинга определенных параметров окружающей среды (рис. 2).
3. Справочная информация по измерению уровня шума.
4. Передача данных мониторингового исследования для оптимизации обработки этой информации.
5. Создание общей базы данных исследований с возможностью коллективного доступа.

В дополнение к этим функциям созданы: функция авторизации пользователя для ограничения несанкционированного доступа и простая система редактирования маршрутов цифрового помощника с возможностью администрирования прав доступа посредством таблиц в Google Docs.

Разработанный цифровой помощник может использоваться как в промышленных целях, так и в научно-образовательных.

Цифровой помощник может работать в многопользовательском режиме – это позволяет производить мониторинг состояния природно-техногенной среды сразу несколькими группами людей, на разных предприятиях и собирать полученные данные измерений в общую базу данных промышленного мониторинга.



Рисунок 2. Блок-схема процессов функции «Использование готового экологического маршрута»

Цифрового ассистента можно использовать для проведения экологических и инженерно-экологических исследований для написания научных статей, выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций, так как он обеспечивает доступ к ранее полученным результатам исследований, находящихся в его базе данных.

В образовательных целях цифрового помощника можно использовать в проведении ознакомительных, учебных, специальных и производственных практиках студентов всех курсов обучения. Также он может использоваться при воспитательной работе со студентами в виде проведения различных тематических игр и мероприятий экологической направленности.

Достоинства цифрового помощника заключаются в:

- доступность;
- удобство работы;
- интуитивно понятный интерфейс;
- общая база данных исследований;
- возможность дополнения и расширения функционала без больших затрат.

Главным недостатком цифрового помощника является необходимость наличия подключения к сети Интернет.

Пример использования цифрового помощника студентами 1 курса.

1 этап. Получение задания от преподавателя. Выбор и ознакомление с инструкцией к измерительному прибору. Краткий инструктаж по работе с цифровым помощником.

2 этап. Начало работы с цифровым помощником. Для использования цифрового ассистента необходимо скачать на мобильное устройство приложение Telegram. Студенту необходимо найти помощника по имени или по ссылке, данной преподавателем (@MGRIEcoMonitoring_bot). Исходя из поставленной задачи, студент должен выбрать одну из функций цифрового ассистента.

1. При выборе функции «Готовый экологический маршрут» обучающемуся будет предоставлен список заранее подготовленных маршрутов исследования, из которых необходимо выбрать маршрут, соответствующий заданию. При нахождении на точке, студент проводит замер уровня шума по определенной методике. Полученные результаты вносятся в систему цифрового помощника, он в свою очередь записывает их в таблицу маршрута.

2. При выборе функции «Создание экологического маршрута» обучающемуся будет предложено ввести название нового маршрута. После чего можно приступить к созданию точек маршрута. При добавлении точки в маршрут от студента потребуются «название точки», отправка своей геопозиции, внесение данных измерений уровня шума.

3 этап. Работа с полученными данными. Данные проведенных исследований хранятся в общей таблице, к которой имеет доступ преподаватель и студент/студенты, ответственные за обработку полученных результатов измерений уровня шума. Для составления отчета таблица может быть выгружена как файл формата .xlsx MS Excel.

Выводы

Цифровой помощник, созданный на базе Telegram, является одним из способов совершенствования действующей системы экологического мониторинга. Разработанные функции цифрового ассистента позволяют оперативно передавать полученные результаты исследований для мониторинга и последующего прогноза изменения состояния природной среды, а также накапливать данные многолетних исследований в общую базу данных, доступную для заинтересованных лиц.

Цифровой ассистент универсален в использовании, доступен для понимания каждому, удобен в работе. Главным недостатком цифрового помощника является необходимость наличия подключения к сети Интернет. Цифровой ассистент прошел этап тестирования и готов к использованию на практике.

Библиография

1. Басаев З.В. Цифровизация экономики: Россия в контексте глобальной трансформации // Мир новой экономики. 2018. №4.
2. Как в России планируют использовать потенциал цифровых технологий для решения проблем в сфере экологии? (16.09.2022) Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.garant.ru/news/1566171/>.
3. Экомониторинг: как работают новейшие технологии для сохранения природы. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/6103afce9a79476310f6ad4b>.

4. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 14.07.2022) «Об охране окружающей среды».

*Экологическое состояние реки Колосйоки и основные факторы воздействия .
Кутейникова Д.М.* (МГРИ им. Серго Орджоникидзе, darya.kuteko@inbox.ru),
Хлебосолова О.А. (МГРИ им. Серго Орджоникидзе, o.hlebosolova@mail.ru)*

Аннотация

В работе рассматривают данные исследований, связанных с экологическим состоянием реки Колосйоки – правого притока реки Паз (через систему озер Куэтсьярви и Сальмиярви). Отмечается высокое содержание тяжелых металлов, преимущественно Ni и Cu, что связано с её загрязнением сбросами из отстойника и стоками со шлаковых полей промплощадки «Никель» АО Кольская ГМК. Выявлено значительное химическое и механическое загрязнение реки и его негативное воздействие на живые организмы. Рассматривается необходимость проведения специальных исследований бассейна реки Колосйоки для разработки проекта мониторинга за состоянием вод, донных отложений и биоты, а также влияния рекультивации на экологическое состояние реки и других водных объектов.

Ключевые слова

Геоэкологический мониторинг, тяжелые металлы, река Колосйоки, рекультивация, Кольская ГМК.

Теория

Районы длительного промышленного освоения Арктики характеризуются существенным негативным воздействием предприятий на все компоненты природной среды и носят очаговый характер [3]. К ним относятся места добычи и переработки медно-никелевых руд на северо-западе Мурманской области, где расположены промплощадки АО Кольская ГМК. Следует отметить, что в настоящее время из двух площадок – «Никель» и «Заполярный», функционирует только последняя. Начиная с 2021 года после закрытия плавильного цеха в пос. Никель, началась рекультивация территории для ее последующего использования и превращения в «зеленую» площадку [4]. Вместе с тем, длительное аэротехногенное загрязнение и сбросы технических вод предприятия привели к значительной деградации земель и загрязнению водных объектов. Наиболее ощутимые последствия наблюдаются в реке Колосйоки, расположенной ниже промплощадки «Никель» (рис. 1) [4].

Анализ опубликованных данных показывает, что река Колосйоки не была ранее объектом специальных исследований. Имеющиеся результаты относятся к водным объектам, в которые впадают её воды – это озеро Куэтсьярви и Сальмиярви (озерное расширение реки Паз). Эти данные свидетельствуют о том, что в их донных отложениях, фито- и зоопланктоне присутствует значительное количество тяжелых металлов [3]. Рассмотрим их более подробно.

Отбор проб донных отложений проводился с 1989 по 2016 гг. на протоке между озерами. В период 2007-2015 гг. здесь также проводился отбор проб для изучения фитопланктона, а в 1993-2015 гг. – изучение зоопланктона. На основе анализа таксономического состава фитопланктона была произведена оценка качества вод (с

определением класса) на основе индекса сапробности (S) методом Пантле и Букк в модификации Сладечека [2].



Рисунок 1. Водная система «Река Колосйоки - озеро Куэтсъярви – озеро Сальмиярви – река Паз – Варангер-фьорд Баренцева моря».

Изучение концентраций Cu, Ni, Zn, Co в донных отложениях озер Куэтсъярви и Сальмиярви показывает превышение в 200 раз по сравнению с фоновыми значениями. Следует отметить, что фоновые значения также выше в 2-10 раз аналогичных в других регионах, что связано с природными особенностями, главным образом, наличием залежей сульфидных медно-никелевых руд. При этом за последние 30 лет снизился общий уровень минерализации воды озера Куэтсъярви и, наоборот, возросло содержание органического углерода, что свидетельствует о протекании процесса эвтрофикации, связанным с антропогенным воздействием на водоем [3]. Воды оз. Куэтсъярви относятся к нейтральным (рН 6,86-7,48). Минерализация воды за 30-летний период проведения гидрохимического мониторинга достигала 80 мг/л, что примерно в 4 раза больше медианного значения, характерного для природно-олиготрофных поверхностных вод Мурманской области. Наименьшие значения отмечены в весенне-летний период в южной акватории озера в районе впадения рек Шуонийоки и Колосйоки за счет поступления низкоминерализованных талых вод [2].

По результатам исследования, проведенного Гидрохимическим институтом в 1969-1971 гг., для оз. Куэтсъярви было характерно равномерное распределение большинства элементов по различным зонам и по водным горизонтам. Подобная тенденция сохраняется и в настоящее время. Содержание основного для озера загрязняющего тяжелого металла Ni в южной части озера (в непосредственной близости

от стоков комбината) всего на 15% выше, чем в северной. Сравнение данных по общим концентрациям Ni и Cu, а также Fe и Mn, входящих в состав перерабатываемой на комбинате руды, показало, что за период наблюдений произошло значительное увеличение их содержания.

В исследовании фитопланктона выявлено, что его средняя биомасса в несколько раз превышает фоновые показатели. Вместе с тем, значения индекса сапробности свидетельствуют об изменении класса качества вод с III на II, что, вероятно, указывает не на интенсификацию процессов самоочищения водоема, а напротив, иллюстрирует рост токсической нагрузки, при которой активно развиваются устойчивые к загрязнению воды виды. Снижение индекса сапробности иллюстрирует изменения в гидрохимических условиях формирования вод, в частности, соотношения токсической и трофической нагрузки на озеро на фоне потепления климата. Летняя динамика фитопланктона оз. Куэтсьярви также имеет не типичный для субарктических озер ход в связи с интенсивным развитием зеленых водорослей, начинающих активно вегетировать уже с июня.

Для зоопланктона озер, исходя из результатов проведенных исследований, характерны снижение численности типичных палеарктических видов. Наблюдается формирование монокультур из устойчивых к загрязнению форм, прослеживается тренд к снижению видового разнообразия зоопланктонных сообществ субарктических водоемов [3].

Анализ публикаций и фондовых материалов указывает на острую необходимость проведения специального исследования, посвященного реке Колосйоки и последующей разработке программы комплексного геоэкологического мониторинга, что стало целью нашего исследования. Его результаты позволят собрать необходимые данные для их практического использования в целях выбора оптимальных способов рекультивации в районе бывшей промплощадки «Никель» АО Кольская ГМК.

Относительно реки Колосйоки имеется крайне скудная информация, которая сводится к следующему. Река является частью речной системы Паза и протекает на протяжении 22 км в Печенгском районе Мурманской области. Воды реки впадают в Паз через систему озер Куэтсьярви и Сальмиярви. Площадь водосборного бассейна составляет 140 км² (рис. 1) [1].

Из Доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области» следует, что в течение года концентрация Cu и Ni в водах р. Колосйоки изменяется, но всегда остается более высокой в верховьях реки. Отмечено, что для основных элементов-загрязнителей характерен некоторый рост концентраций в весенний период (рис. 3) [1].

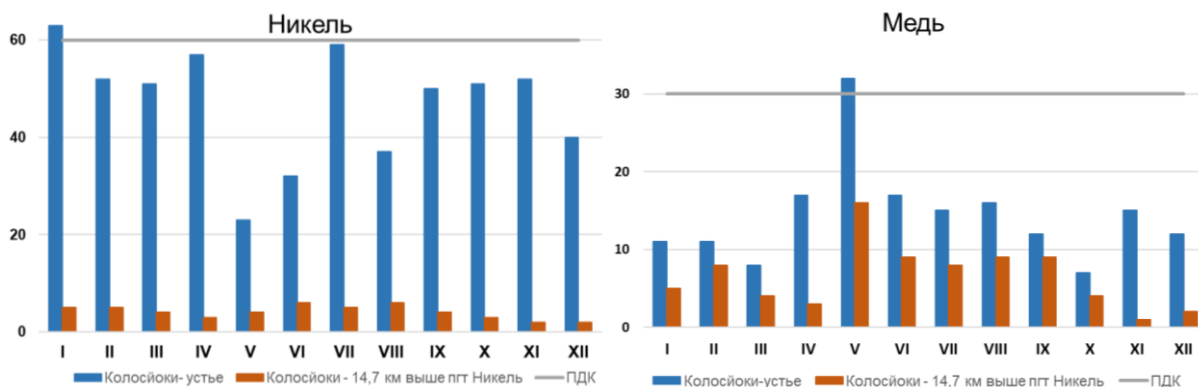


Рисунок 3. Годовая динамика изменения концентрации Ni и Cu в воде р. Колосйюки за 2021 г.

Выводы

Данное исследование, посвященное анализу экологического состояния реки Колосйюки и факторах, его определяющих, указывает на недостаточность информации для формулировки взвешенных оценочных выводов. Вместе с тем, опубликованные данные свидетельствуют о значительном превышении концентраций в водах реки Ni, Cu и других тяжелых металлов, что подтверждает их попадание в реку из отстойника и со шлаковых полей промплощадки «Никель» АО Кольская ГМК.

Многолетний характер загрязнения реки показывает наличие в озере Куэтсьярви высокого содержания элементов-загрязнителей в донных отложениях и микроорганизмах. Все это указывает на актуальность проведения специальных исследований и целесообразность разработки программы геоэкологического мониторинга реки Колосйюки.

Миграция и отложение загрязняющих элементов наблюдаются на всем пути следования вод: река Колосйюки – озеро Куэтсьярви – озеро Сальмиярви – река Паз – Варангер-фьорд Баренцева моря. Это оказывает негативное влияние на состояние вод, донных отложений и в целом водных и околородных экосистем Пасвика, что требует дополнительного изучения.

Библиография

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2021 году [Электронный ресурс] – URL: file:///C:/Users/elnik/Downloads/2022.06.29-Doklad_zh-2021-god.pdf, (дата обращения 27.01.2023).
2. Зубова Е.М., Даувальтер В.А., Денисов Д.Б., Кашулин Н.А. Долговременная динамика основных компонентов экосистемы озера Куэтсьярви (система реки Пасвик, Мурманская область) // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера» 2019, т. 11, № 4 С. 178-200. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dolgovremennaya-dinamika-osnovnyh-komponentov-ekosistemy-ozera-kuetsyarvi-sistema-reki-pasvik-murmanskaya-oblast/viewer>, (дата обращения 27.01.2023).

3. Ларькова М.С., Хлебосолова О.А. Современное состояние ландшафтов в зоне влияния промышленных площадок «Никель» и «Заполярный» Кольской ГМК // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». - 2013. - № 3. - М.: Изд-во МГОУ. - с. 136-141.
4. НОРНИКЕЛЬ Кольская ГМК [Электронный ресурс] – URL: <http://www.kolagmk.ru/>, свободный (дата обращения 27.01.2023).
5. Реки Мурманской области [Электронный ресурс] – URL: <https://helion-ltd.ru/upground-waters/>, (дата обращения 27.01.2023).

Экологические проблемы реконструкции на примере объекта культурного наследия «Ансамбль Рогожской старообрядческой общины - Богадельня Бугровых, XIX в». Лапыкина А.А. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, lapukinaalina@gmail.com), Буфетова М.В. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, bufetovamv@mgri.ru)*

Аннотация

Реконструкция зданий в отличие от строительства новых оказывает меньшее влияние на окружающую среду. Однако, реконструкция объектов зачастую происходит на территории плотной городской застройки, где в непосредственной близости располагаются границы нормируемых объектов, как например, образовательные учреждения, учреждения здравоохранения, рекреационные зоны.

Таким образом негативное воздействие на окружающую среду от временных работ при проведении реконструкции в меньшей мере, но все же присутствует, а из-за близкого расположения нормируемых территорий возникают сложности в экологическом регулировании проведения реконструкции.

Данная проблема была рассмотрена на примере объекта культурного наследия регионального значения «Ансамбль Рогожской старообрядческой общины XIX – начала XX вв – богадельня Бугровых, 2-я пол. XIX в.», расположенного по адресу: г. Москва, ул. Рогожский поселок, д. 29 стр. 10

Ключевые слова

Реконструкция, нормирование территорий, воздействие на окружающую среду, экологические проблемы.

Теория

Объект представляет собой двухэтажное здание с подвалом в восточном крыле. Объект расположен на территории квартала № 77 Нижегородского района в Юго-Восточном административном округе г. Москвы в границах охранный зоны и зоны регулирования застройки № 333 (рис. 1). Под зонами регулирования застройки понимаются — территории с режимом градостроительного регулирования, который обеспечивает сохранение общей композиционной роли памятников истории и культуры в городском ландшафте и осуществляется методами реконструкции и нового строительства с регулированием высотных параметров проектируемых зданий. Так же территория объекта попадает в охранный зону объектов культурного наследия, что также подразумевает ограничение хозяйственной деятельности [3]. Дальнейшая эксплуатация реставрируемого объекта не представляет экологической опасности, поэтому санитарно-защитную зону (СЗЗ) объект не имеет.

При проведении реконструкционных работ основными проблемами могут стать: превышение уровня шума, превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе, загрязнение подземных вод.

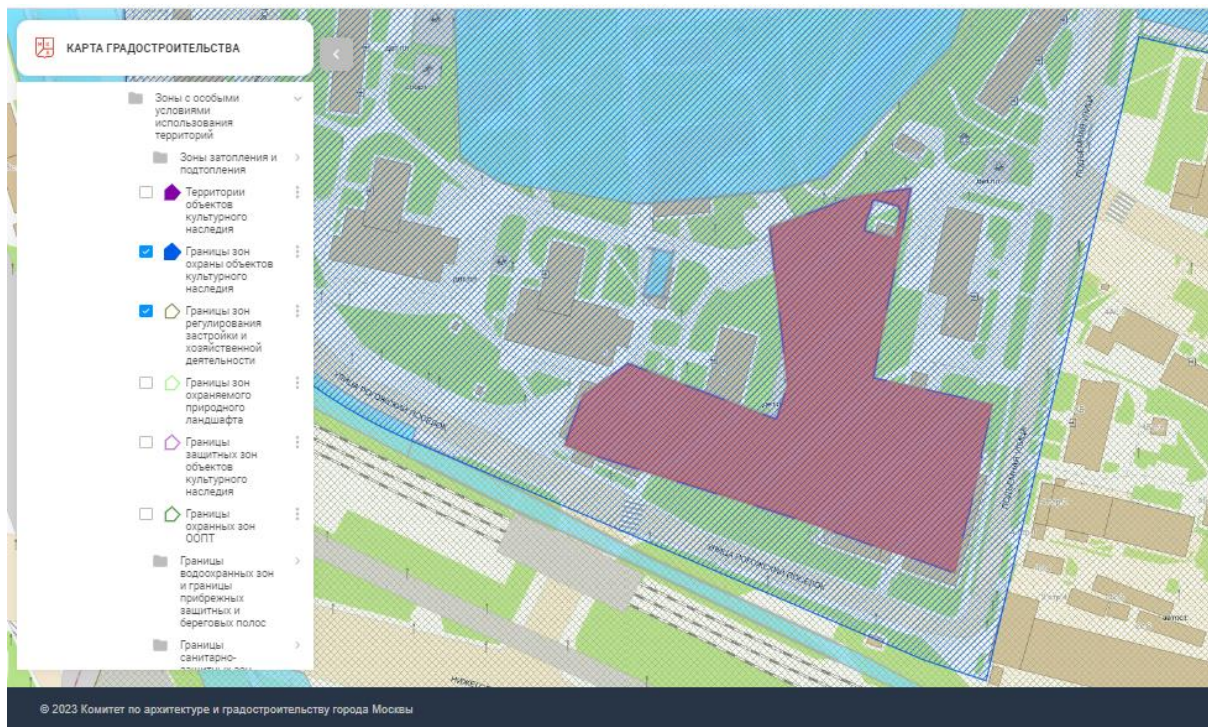


Рисунок 1. Изучаемый участок на карте градостроительного зонирования г. Москвы [1]

Вышеперечисленные экологические проблемы были рассмотрены на примере объекта культурного наследия регионального значения «Ансамбль Рогожской старообрядческой общины XIX – начала XX вв – богадельня Бугровых, 2-я пол. XIX в.» (рис. 2).



Рисунок 2. Богадельня Бугровых

В случае с объектом «Богадельня Бугровых» выбросы в атмосферный воздух происходят от работы дорожной техники и сварки. Был проведен расчёт рассеивания ЗВ (табл. 1). Анализ результатов расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере района ведения строительных работ показал, что для всех веществ создаваемые приземные концентрации на границе селитебной зоны, с учетом фоновых концентраций, не превышают установленных санитарно-гигиенических нормативов. Таким образом, выбросы от источников, функционирующих в период строительства проектируемого объекта, могут быть квалифицированы как предельно допустимые (ПДВ). Однако, предусматривается комплекс мероприятий, направленный на сокращение объемов выбросов и снижение их приземных концентраций: ограничение времени работы строительной техники не более 10 мин за полчаса, ограничение количества работающей техники, использование укрывного материала, применение герметичной аппаратуры [2].

Таблица 1

Приземные концентрации загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	Концентрация, См.р./ПДК
Марганец и его соединения /в пересчете на марганец (IV) оксид/	0,015
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,86
Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,28
Углерод (Сажа)	0,086

Для расчета уровня шума были выбраны расчетные точки на ближайшей нормируемой территории расчетные точки: РТ 1 – жилой дом по адресу Рогожский поселок, 7, в 10 метрах от границы строительной площадки; РТ 2 – детская площадка (расположена на границе участка). Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [4] превышения уровня шума составляют от 1,5 дБ(А) до 15 дБ(А).

Данные превышения создают неудобства для населения, в связи с чем требуется вводить определенные мероприятия по снижению акустического воздействия: информирование граждан о необходимости сократить время пребывания на детской площадке, ограничение скорости передвижения транспорта до 5 км/час, предусмотреть глухое периметральное ограждение строительной площадки высотой 2,5 м в соответствии с требованиями ГОСТ 23407-78 и ПП № 299 от 19.05.2015 года, рабочем состоянии одновременно может находиться не более двух единиц дорожно-строительных машин и т.д.

Ближайший поверхностный водный объект – Калитниковский пруд на расстоянии более 500 метров. подземные источники питьевого водоснабжения (скважины), находящиеся на балансе АО «Мосводоканал», а также соответствующие им зоны санитарной охраны вблизи размещения объекта отсутствуют.

Выводы

Таким образом, реконструкция объектов, не смотря на небольшой объем работ, в пределах селитебной территории оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Для снижения нежелательного воздействия на прилегающие территории

разрабатываются соответствующие мероприятия, предполагающие ограничения во времени/скорости/мощности работы строительной техники, установка шумозащитных ограждений и кожухов.

Благодарности

Выражаю благодарность научному руководителю доценту кафедры Экологии и природопользования Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе, Буфетовой Марине Васильевне.

Библиография

1. ГИС ОГД Карта градостроительства [Электронный ресурс] – Электрон. картограф. данные - Режим доступа: <https://gisogd.mos.ru/map>, свободный (дата обращения 09.02.2023)
2. Перечень мероприятий по охране окружающей среды. Мероприятия по охране окружающей среды (ООС) 111-ГК/19-08.01.01 ООС1, Москва, 2020.
3. Постановление Правительства Москвы от 28 марта 2017 г. N 120-ПП "Об утверждении правил землепользования и застройки города Москвы"
4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»

Возможности использования стабильных изотопов в качестве индикаторов при изучении элементов водного баланса верховых болот на Северо-Западе России.
Лизунова М.А.* (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, marigeo17@rambler.ru), Яковлев Е.Ю. (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, evgeny.yakovlev@fciarctic.ru)

Аннотация

Долгов время при изучении болот Северо-западного региона преимущественно использовался геоботанический подход (изучение состава торфа, возраст и соотношение компонентов между собой), в то время как гидрологический фактор, играющий важную роль в образовании и развитии болот, охарактеризован недостаточно.

В последнее время широкое применение в гидрологии находят изотопные методы, которые позволяют наиболее полно охарактеризовать элементы водного баланса, поскольку каждый из этих элементов характеризуется определенным соотношением изотопов. Данная статья анализирует использование изотопных методов для решения подобных задач и рассматривает целесообразность применения метода для болот вышеуказанного региона.

Ключевые слова

Изотопная гидрология, стабильные изотопы $\delta^{2}\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$, элементы водного баланса, верховые болота.

Источники финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых МК4298.2022.1.5

Теория

В условиях глобального потепления климата важным является отслеживание каждого фактора, влияющего на тепловой баланс атмосферы. Болотные системы как один из основных концентраторов атмосферного углерода являются одним из таких факторов. От их стадии развития (заболочивание, стагнация или пересыхание) зависит обмен парниковых газов в атмосфере. Наиболее точно определить стадию развития торфяной экосистемы (болота) позволяет оценка его водного баланса (уровень испарения болотных вод в атмосферу и в поверхностные текущие воды, а также уровень питания грунтовыми водами). Поэтому важно иметь количественное представление о составляющих водного баланса болотного массива, о процессах взаимодействия болотных поверхностных и подземных вод.

Изучение условий формирования комплекса болотных и подземных вод наиболее актуально для Северо-Запада России. Заболоченность территории оказывает значительное воздействие на остальные водные объекты, являющиеся внешними водоприемниками стока с болотных массивов [3]. При этом из всех поверхностных водных объектов России болота в гидрологическом отношении наименее изучены, хотя составляют 21 % территории России, 75 – 80 % общей площади болот Северо-Запада России – верховые. Таким образом, мы видим недостаточную изученность болот при их ключевой роли в экосистеме Северо-Запада России [1].

При изучении болот с точки зрения гидрологического подхода наблюдаются определенные затруднения, связанные со следующими факторами. Во-первых, в России принят бассейновый принцип управления водными ресурсами, но именно в Беломорско-Балтийском регионе преобладают практически не связанные между собой бассейны [5]. Кроме того, после 1990 г. на территории Российской Федерации наблюдательная сеть на болотах сильно сократилась, что означает прекращение в наиболее заболоченной стране мира системы мониторинга на одном из трех основных типов водных объектов поверхностных вод суши [1]. Именно поэтому в некоторых районах инструментальных измерений недостаточно и приходится искать альтернативные методы оценки гидрологии водных объектов.

В данной ситуации изотопная гидрология служит той самой альтернативой гидрологических исследований, позволяющей решать самые разные типы задач – это и определение возраста различного типа вод [2], и определение генезиса источников питания водоемов [3,5,6,7,8], и определение качественного состава воды [3,5], и т.п. Этот относительно молодой, но уже зарекомендовавший себя метод достаточно подробно освещен в различных источниках [1,4].

Тяжелые стабильные изотопы водорода (дейтерий – ^2H , в старой нотации D) и кислорода (кислород-18 – ^{18}O) входят в состав водных молекул H_2O . Поскольку эти изотопы стабильны, их общее количество на Земле остается примерно постоянным. Мировой океан – самый большой и хорошо перемешанный водный резервуар на поверхности Земли, испарение с его поверхности и перенос влаги внутрь континентов обеспечивает глобальный водообмен [1].

Испарение, конденсация и замерзание – три основных физических процесса, приводящих к изменениям изотопного состава природных вод различных геосфер. При фракционировании воды строго соблюдается следующая закономерность: тяжелый изотоп всегда накапливается в более конденсированной фазе. Например, при замерзании во вновь образующемся льду накапливается дейтерий и кислород-18, а в остаточную воду переходят преимущественно протий и кислород-16. В этом случае говорят об «облегчении изотопного состава воды» и «утяжелении изотопного состава льда». В ходе таяния воды фракционирования не происходит из-за слишком малых скоростей диффузии молекул воды во льду. Для анализа результатов измерений данные наносят на диаграмму $\delta^{18}\text{O} - \delta^2\text{H}$. В рамках этой систематики обнаружено несколько фундаментальных закономерностей (рис. 1 [1]). Например, изотопный состав атмосферных осадков хорошо аппроксимируется прямой линией: $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$, которая называется глобальной линией метеорных вод (ГЛМВ) [2].

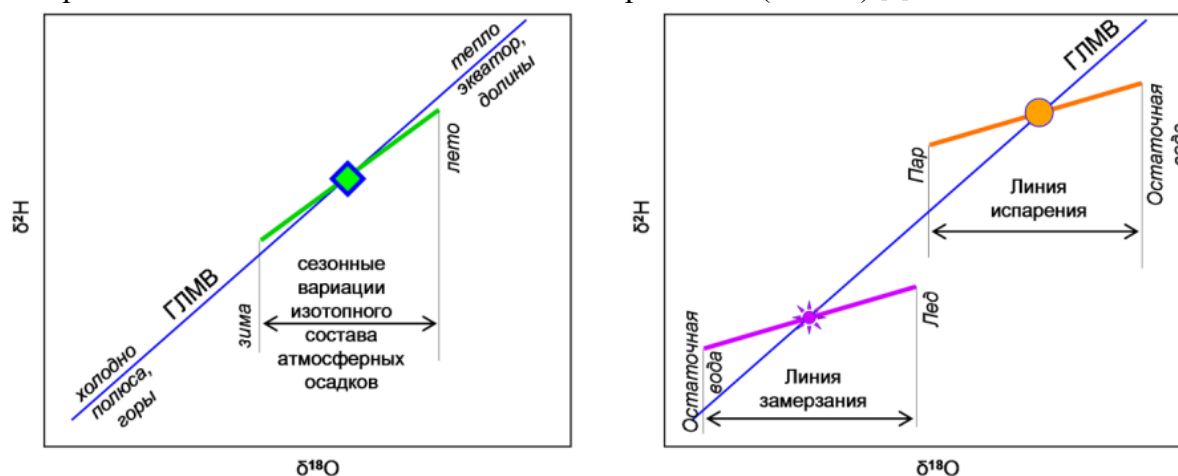


Рисунок 1. Изотопная диаграмма и основные тренды в систематике «дейтерий–кислород-18» (ГЛМВ - $\delta^2H = 8 \times \delta^{18}O + 10$ [1])

ГЛМВ описывает глобальное среднегодовое соотношение между соотношением δ^2H и $\delta^{18}O$ в природных метеорных водах (водах атмосферных осадков). ГЛМВ (GMWL) впервые была разработана в 1961 г. Хармоном Крейгом и широко используется в гидрологии в настоящее время [1].

В качестве стандарта в исследовании используется V-SMOW (Vienna Standard of Mean Ocean Water) – вода мирового океана, – стандарт, который был создан в МАГАТЭ (международное агентство по атомной энергетике), при котором работает секция изотопной гидрологии [4].

Наиболее комплексно изученным болотным объектом в Северо-Западном регионе в настоящий момент является болотный массив Ламмин-Суо, на основе изученности которого написана монография [1]. При написании монографии были использованы данные 10 болотных постов и 18 болотных станций этих областей, оставшихся к 1980 г. Выбор для написания монографии как объекта болота Ламмин-суо обусловлено тем, что оно представляет наиболее часто встречающийся в регионе тип болот – верховых, при этом на нем в 1950 г. была организована Зеленогорская болотная станция, входящая в состав Главной экспериментальной базы Государственного гидрологического института. Действующая по настоящее время станция позволила за более чем 70 лет накопить уникальный материал по гидрометеорологическому режиму и составляющим водного баланса названного болотного массива [1].

Отдельная часть монографии посвящена использованию изотопных трассеров для идентификации условий формирования баланса болотного массива Ламмин-суо. Кроме того, статья по исследованию изотопного состава грунтовых и поверхностных вод массива [3] показала возможность метода для обнаружения дополнительных источников питания Ламмин-суо.

В статье [3] приводится график результатов опробования, который при мелком масштабе показывает совпадение замеров с ГЛМВ, но при более крупном масштабе выявляется отдельная зона отклонения (рис. 2). По мнению авторов статьи, наиболее вероятной причиной возникновения изотопной аномалии в водах северной части полигона является воздействие вод другого источника питания. В остальном результаты исследования подтверждают, что основной источник питания болота (Ламмин-Суо) – атмосферные осадки, что характерно для данного типа болот [3].

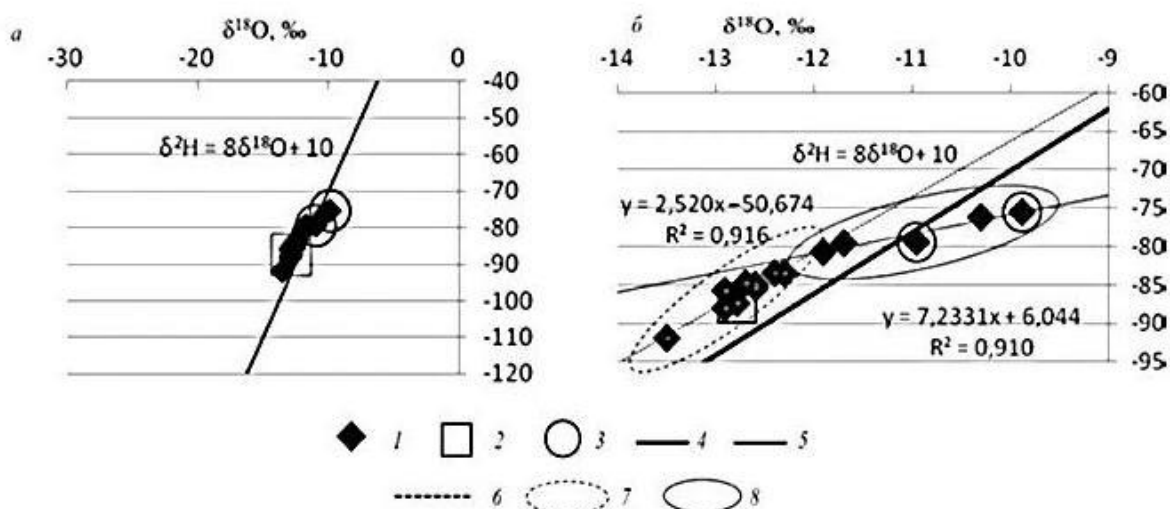


Рисунок 2. Взаимосвязь $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в природных водах полигона Ламмин-Суо в мелком (а) и крупном (б) масштабах 1 – все точки; 2 – атмосферные осадки (снег); 3 – озера; 4 – глобальная линия метеорных вод; 5, 6 – локальная линия для типа вод I (5) и II (6); 7, 8 – тип вод: 7 – I (легкие), 8 – II (тяжелые) [3])

Выводы

Как можно заметить из обзора публикуемых исследований, методы изотопных индикаторов все чаще применяются для решения различных гидрологических, гидрогеологических, экологических и геоэкологических задач, круг которых постоянно расширяется и включает не только проблемы фундаментального характера, но и вопросы сугубо прикладных исследований [2].

Таким образом, описанные методы определения элементов водного баланса могут быть успешно применены, в том числе для решения задач оценки водного баланса верховых болот Северо-Западного региона.

Библиография

1. Гидрометеорологический режим и водный баланс верховых болот Северо-Запада России (на примере болота Ламмин-Суо) / под редакцией С.М. Новикова, В.И. Батуева. С-Пб.: Свое издательство, 2019. 448 с.
2. Токарев И.В. Использование изотопных данных ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) при изучении процессов деградации мерзлоты в результате долговременных вариаций климата / Записки Горного института. Т.176, 2008. С. 191-195.
3. Строганова Т. А., Прасолов Э. М. Изотопный состав грунтовых и поверхностных вод болотного массива Ламмин-Суо (Ленинградская область) / Региональная геология и металлогения № 77, 2019. С. 20–26.
4. Поляков В.А., Ферронский В.И. Изотопия гидросферы Земли / М.: Научный мир, 2009. 632 с.
5. Inflow of surface and groundwater to Lake Ladoga based on stable isotope (^2H , ^{18}O) composition / I.V. Tokarev, V.A. Rummyantsev, V.N. Rybakin, E. Yu. Yakovlev / Journal of Great Lakes Research, Volume 48, Issue 4, August 2022. С 890-902.
6. Sensitivity of using stable water isotopic tracers to study the hydrology of isolated wetlands in North Florida / Glynnis C. Bugna, Johnny M. Grace, Yuch-Ping Hsieh / Journal of Hydrology Volume 580, January 2020, 124321.
7. Using stable isotopes of water to infer wetland hydrological dynamics / A.Clay, C. Bradley, A.J. Gerrard and M.J. Leng / Hydrology and Earth System Sciences, 8(6), 2004. С. 64-73.
8. A comparison of radon, heat tracer and head gradient methods to quantify surface water - groundwater exchange in a tidal wetland (Kooragang Island, Newcastle, Australia) / Mahmood Sadat-Noori, Christian Anibas, Martin S. Andersen, William Glamore / Journal of Hydrology Volume 598, July 2021, 126281.

Оценка количественных показателей доступности зеленых насаждений для жителей отдельных муниципальных районов города Москвы. Мазаев А.В.* (ФГБОУ ВО МГРИ, mazaevav@mgri.ru), Рукавицын В.В. (ФГБОУ ВО МГРИ, rukavitsynvv@mgri.ru)

Аннотация

Зеленые насаждения в городе выполняют ряд важнейших функций, включая здоровьесберегающую. Исследования последних лет показали, что зеленые насаждения в городе и прогулки в лесу оказывают положительное влияние на здоровье людей. При этом преждевременная смертность снижается у горожан, проживающих в непосредственной близости от зеленых массивов. Были рассчитаны показатели обеспеченности жителей отдельных районов Москвы зелеными насаждениями и повышенного риска возникновения заболеваний из-за нехватки зеленых насаждений для трех муниципальных районов города Москвы: Богородское, Южнопортовый и Крылатское.

Ключевые слова

геоэкология, озеленение, природный комплекс, здоровьесбережение, Москва

Теория

Градостроительная система крупных мегаполисов в целях поддержания условий экологической безопасности и баланса взаимодействия человека и природы должна быть обеспечена экологическим каркасом – природными территориями или так называемым «зелёным фондом» городов [2]. Москва, являясь самой крупной городской агломерацией Европы, как по площади, так и по численности населения, испытывает нехватку зеленых насаждений. Хотя структура «зеленого фонда» города в настоящее время представляет достаточно развитую систему, включающую в себя природные объекты различного генезиса (естественные и рукотворные), масштаба и функционального назначения: особо охраняемые природные территории, озелененные городские территории (скверы, бульвары, парки, сады и т.д.), природные территории (не обладающие природоохранным статусом или средозащитными качествами) особо охраняемые зеленые территории (в границах «Новой Москвы»).

Территории зеленого фонда улучшают состояние окружающей среды, обеспечивают сохранение в городе природных компонентов, активно формируют планировочную структуру, выступают важнейшим элементом архитектурно-пространственной организации мегаполиса, обеспечивают комфортность среды и определяют её эстетические качества. [2]. Анализ состояния и распределения объектов «зеленого фонда» как для Москвы в целом, так и для отдельных округов и районов, является основой для принятия управленческих решений, касающихся улучшения качества природной среды города и комфортности проживания, включая здоровье горожан.

Зеленые насаждения городов выполняют ряд важнейших функций: ландшафтообразующую, декоративно-планировочную, климаторегулирующую, природоохранную, санитарно-гигиеническую, рекреационную, здоровьесберегающую и экономическую. Особенно важна оздоровительная (здоровьесберегающая) функция

зеленых насаждений, исследованию которой в мировой науке в последние годы уделяется особое внимание. Так, выполненные долгосрочные (и опубликованные в 2019 году) исследования [4, 5] доказали, что зеленые насаждения в городе и прогулки в лесу оказывают положительное влияние на состояние организма людей, включая улучшение психического здоровья (в том числе когнитивного), снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний, нормализации артериального давления и частоты пульса, снижение концентрации гормона стресса кортизола, оказывают пользу для иммунной системы и обмена веществ, уменьшению числа негативных исходов беременности. Данные из Канады, США, Швейцарии, Китая, Испании, Австралии и Италии показали, что чем больше зелени было вокруг дома, тем меньше вероятность того, что его жители рано умрут по какой-либо причине. Зеленые насаждения в городе также связаны с повышением биоразнообразия, большей физической активностью людей, их физическим или умственным восстановлением, являются источником экосистемных услуг, таких как лучшее качество воздуха, снижение шумового воздействия от транспорта, уменьшение эффектов тепловых куполов. Прогулки в лесу благотворно сказываются на здоровье человека.

В качестве основы при анализе использовался нормализованный относительный индекс растительности (Normalized difference vegetation index, NDVI), оцениваемый по космическим снимкам. NDVI напрямую связан с фотосинтетической способностью и, следовательно, с поглощением энергии растительными покровами. NDVI изменяется от -1 до +1; отсутствие растительности дает значение, близкое к 0; баллы около 0,8-0,9 указывают на максимально возможную плотность зеленых листьев, а баллы близки к -1 указывают на водную поверхность. Было установлено, что риск преждевременной смерти у горожан снижался на 4%, когда показатель NDVI повышался на 0,1 балла. Такое изменение NDVI характерно для буферной зоны в пределах 500 метров от зеленых массивов до места жительства. То есть чем больше зелёных насаждений находится вблизи жилых домов, тем ниже вероятность преждевременной смерти у их жителей, ниже показатели стресса, лучше развиты когнитивные способности у детей и, в целом, лучше показатели здоровья.

Жители домов, граничащих с зелеными массивами, имеют больше возможностей проводить достаточное время на природе, тратят меньше времени на дорогу до места прогулок. Транспортная доступность (общее время поездки, включая пешие переходы, от места проживания до места отдыха) для жителей, проживающих в зоне 500 метров от озеленённых территорий, не будет превышать 30 минут. А оптимальное время нахождения на природе равно двум часам в неделю: этого достаточно для поддержания оптимальных показателей самочувствия. Люди, проводившие менее двух часов в неделю в лесопарках, сообщали о хорошем самочувствии не чаще тех, кто вообще не выходил «в лес». [5]

Проведенные ранее оценки распределения озелененных территорий г. Москвы показывали, что объекты «зеленого фонда» неравномерно распределены по территории города, что негативно сказывается не только на экологическом благополучии отдельных административных округов, но и на обеспеченности населения города озелененными пространствами. Следовательно недостаток зеленых насаждений несёт угрозу качеству и продолжительности жизни. В границах «Старой Москвы» на долю Центрального административного округа приходится менее 4% городского зеленого фонда, на долю ВАО благодаря территориям «Лосиного острова» – более 20%. Наиболее обеспеченными территориями зеленого фонда, помимо Восточного, являются Северо-Западный и

Западный административные округа. 75% муниципальных округов г. Москвы испытывают недостаток в зеленых территориях; в границах этих муниципальных районов не выполняются существующие расчетные нормы по обеспечению жителей озелененными территориями. В 92 из 122 муниципальных округов не хватает природных объектов [1]. Уровень озеленения в крупных городах должен составлять около 20-30% площади, а нормы обеспеченности насаждений на одного жителя – около 24 кв.м/чел. [3]. При расчетах учитывались только крупные зеленые массивы, в расчет на принимались мелкие скверы, бульвары, сады и т.д.

Для определения обеспеченности жителей отдельных районов Москвы зелеными насаждениями, а также повышенного риска возникновения заболеваний из-за нехватки зеленых насаждений и снижения времени пребывания в зеленых зонах был взят показатель в 500 метров от крупных зеленых массивов для трех муниципальных районов города Москвы: Богородское, Южнопортовый и Крылатское. Районы имеют разную обеспеченность зелеными насаждениями:

- Богородское – район в ВАО, имеет по данным предыдущих расчетов «полную обеспеченность» зелеными насаждениями (более 24 кв.м/чел, и более 30% площади занято объектами природного комплекса);
- Крылатское – район в ЗАО, имеет «среднюю обеспеченность» (22 кв.м/чел, 14% площади);
- Южнопортовый – район в ЮВАО, имеет «очень низкую обеспеченность» зелеными насаждениями (около 5 кв.м/чел, 3% площади).

Результаты расчетов обеспеченности зелеными насаждениями представлены на рисунке 1 и в таблице 1:

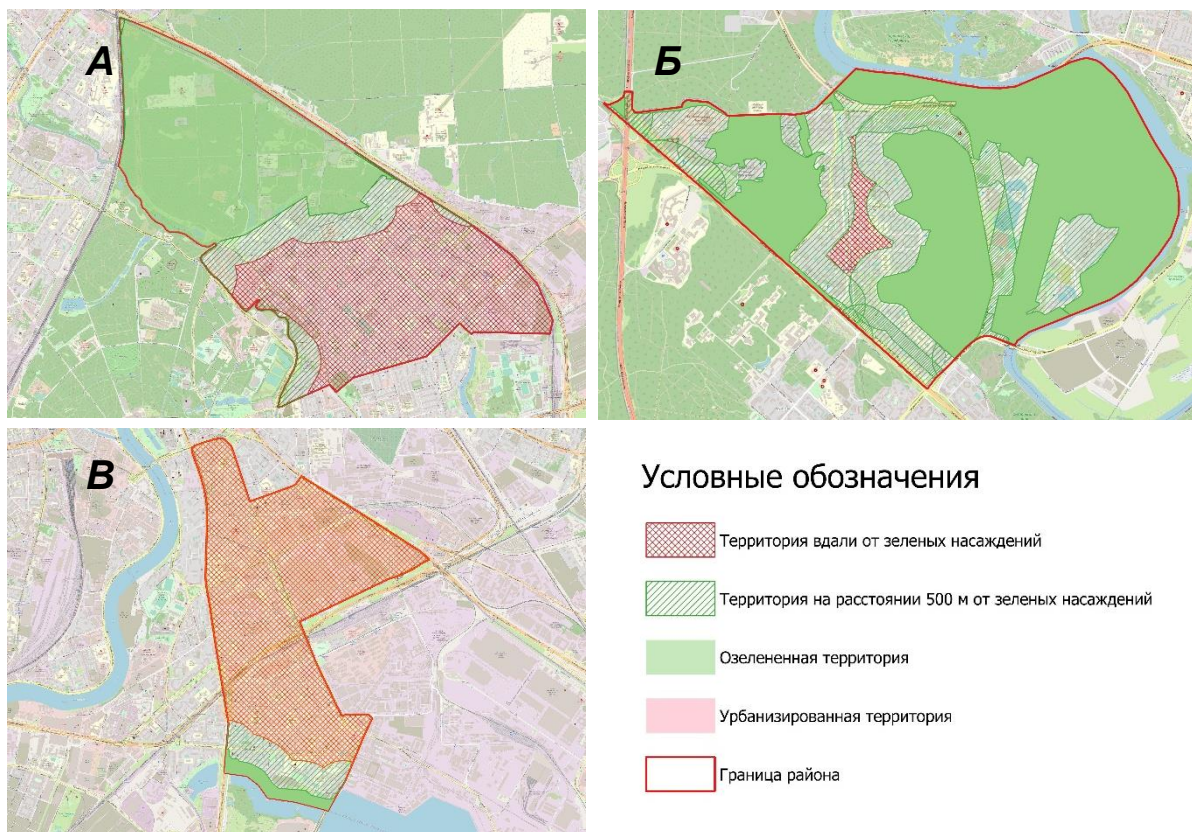


Рисунок 1. Карты муниципальных районов с указанием территорий, находящихся вдали от крупных зелёных массивов: (А – МР Богородское, Б – МР Крылатское, В – МР Южнопортовый).

Таблица 1. Результаты расчет обеспеченности зелеными насаждениями

Муниципальный район	Численность населения, чел.	Площадь урбанизированной территории, кв.км	Площадь зеленой территории, кв.км.	Площадь рядом с озелененной, кв.км	Площадь, удаленная от озелененной, кв.км.	Количество людей, обеспеченные зеленой территорией, чел	Количество людей, не обеспеченных зеленой территорией, чел
Богородское	108757	4,895	3,964	1,111	3,784	24688	84069
Южнопортовый	72026	4,409	0,159	0,429	3,980	7016	65010
Крылатское	82959	4,88	7,307	4,551	0,329	77372	5587

Выводы

1. Проведенные расчеты показали, что даже в таких обеспеченных зелеными насаждениями районах как «Богородское» большая часть жителей может проживать в зоне риска, то есть за пределами 500-метровой «буферной зоны» от крупных лесопарков: для района Богородское 23% жителей проживают в 500-метровой от зеленых массивов зоне и 77% - вне ее. Для района Крылатское, соответственно – 93% и 7%, для района Южнопортовый - 10% - в пределах 500-метровой зоны, и 90% - вне ее. То есть большая часть жителей не обеспечена должным образом зелеными насаждениями, и именно на таких жилых территориях необходимо применять первоочередные меры по озеленению городских пространств.
2. Для получения более репрезентативных данных необходимо провести расчет для всей Москвы с учетом небольших озелененных территорий.

Библиография

1. Мазаев А.В. "Методика формирования и изучения объектов природных комплексов крупных мегаполисов (на примере Природного комплекса Москвы и ландшафтного заказника "Теплый Стан"), автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. М.: ФГУП "ПНИИИС", 2004
2. Мазаев А.В., Экзарьян В.Н. «Анализ динамики и оценка современной рекреационной нагрузки на зеленый фонд города Москвы». Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Том 9: Сборник статей IX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции/ Сочи: ГКУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», Донской издательский центр, 2022. 456 с. ISBN 978-5-6047416-6-5 С. 282-292
3. Юскевич Н.Н., Лунц Л.Б. «Озеленение городов России» - Москва: Россельхозиздат, 1986 - с.158

4. David Rojas-Rueda, Mark J Nieuwenhuijsen, Mireia Gascon, Daniela Perez-Leon, Pierpaolo Mudu. Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Lancet Planet Health* 2019; 3: 469–77
5. Urban trees found to improve mental and general health. // URL: <https://www.uow.edu.au/media/2019/urban-trees-found-to-improve-mental-and-general-health.php> (дата обращения 10.02.2022)

*Изучение воздействия свиноводческого комплекса на атмосферный воздух.
Марданова Н. Г.* (МГРИ, mardanova_nazira@mail.ru). Научный руководитель
Савушкина Е.Ю. (МГРИ, savushkinaey@mgri.ru)*

Аннотация

Агропромышленный комплекс в современных условиях является одним из основных загрязнителей всех компонентов окружающей среды. Отходы и сточные воды животноводческих комплексов, ферм и птицефабрик приводят к загрязнению и снижению плодородия почв, их продуктивности, ухудшению качества воды, атмосферы, наносится ущерб растениеводству и животноводству, что в свою очередь приводит к ухудшению качества и снижению плодородия продукции.

Объектом исследования является свиноводческий комплекс, расположенный в Московской области. В работе рассмотрено влияние комплекса на воздушную среду и приведены предложения по его снижению.

Ключевые слова

Животноводство, воздействие на атмосферный воздух, свиноводческий комплекс, Московская область.

Теория

В данной работе приведены результаты исследования свиноводческого комплекса по доращиванию и откорму на 26 400 голов, расположенного на юге Московской области в г.о. Серебряные Пруды (рис.1) [3]. На свиноферме применяется безвыгульная система содержания животных с кормлением сухими кормами. Все производственные процессы на свиноводческом комплексе, такие как кормление, поение и навозоудаление полностью механизированы. Рассматриваемый объект представляет из себя комплекс зданий и площадок, сооружений, предназначенных для агропромышленного производства (животноводство). Площадка фермы по доращиванию и откорму включает в себя 10 технологических корпусов, соединенных попарно между собой галереями.

Воздействие подобных комплексов на воздушную среду связано с выбросами сопутствующих процессов: выбросы от содержания свиней, сбора и сепарации навозных стоков на фракции, выбросы нефтеловушек локальных очистных сооружений поверхностных стоков, дезинфекции колес автотранспорта, выбросы сжигания природного газа котельных, выбросы отработанных газов крематора и инсинератора, выбросы отработанных газов от двигателей автотранспорта и других источников. Наибольшую часть отходов в животноводстве составляет навоз, следовательно, наибольший объем аэровыброса характерен для участка откорма свиней. Накопление огромных количеств жидкого навоза приводит к загрязнению окружающей среды: почвы, поверхностных и грунтовых вод, ухудшению санитарного состояния территории ферм и населенных пунктов и загазованности воздуха. В результате воздушная среда контаминирована различными химическими соединениями, биологическими конгломератами, в количествах не свойственных природе. Среди них такие как аммиак,

сероводород, оксид азота, двуокись углерода, метан, диоксид серы, пыль. Причем максимальную удельную массу в структуре выброса доставляет аммиак — 80,9% [1]. Вблизи животноводческих предприятий, в атмосферном воздухе идентифицировано около 30 химических газообразных соединений (принадлежащих к группе аминов, амидов, спиртов, дисульфидов, сульфидов, меркаптанов) помимо таких известных газов, как аммиак, сероводород, метан и углекислый газ [4].



Рисунок 1. Карта расположения Серебряно-Прудского городского округа

Основными факторами, влияющими на выбросы в атмосферу являются: строение и управление системами содержания животных в помещении и сбора навоза, система вентиляции и ее интенсивность, применяемая система отопления и колебания температуры в помещении, возраст животных и их деятельность в течение дня, количество и качество навоза, который в свою очередь зависит от программы кормления различных половозрастных групп свиней, состава корма (уровня белка), использования подстилки, выпаивания и системы водообеспечения, влажности навоза, плотности поголовья, а также состояния здоровья животных. Свиноводческий комплекс по мощности подобный изучаемому образует около 300 тонн навоза в год и ежечасно в атмосферу выбрасывает примерно 40 кг аммиака, 3,6 кг сероводорода, 6,5 т пыли, 0,4 млрд ед. микроорганизмов. Из атмосферы продукты загрязнения попадают с осадками в почву, водоемы в радиусе до 15 км [4].

Был проведен расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. В соответствии с утвержденной методикой расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273) и Методическими рекомендациями по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от объектов животноводства и птицеводства (2015) расчеты выполнены на наихудший вариант: на летний период.

Максимальные приземные концентрации наблюдаются в расчетных точках:

1. на границе С33 в северо-восточном направлении от границы производственной площадки на границе земельного участка для выращивания зерновых культур;
2. на границе С33 в юго-восточном направлении от границы площадки, на расстоянии 574 м;
3. на границе охранной (рекреационной) зоны, на расстоянии 981 м в северо-восточном направлении от границы площадки.

Максимальная концентрация наблюдалась по показателям следующих веществ: натрий гидроксид, азота диоксид, дигидросульфид, этилформиат, пропаналь, метиламин.

Одним из проектных решений для снижения воздействия навоза является обустройство щелевых полов (бетонные плиты длиной 3 м с щелями) в существующих корпусах откорма и дорацивания вместо функционирующей на сегодняшний день системы гидросмыва [2]. С точки зрения загрязнения атмосферного воздуха система щелевых полов является частичным укрытием для емкостей накопления навоза, образующегося при содержании свиней, что в свою очередь является мероприятием по снижению выбросов в атмосферный воздух от накапливаемого в корпусах откорма и дорацивания навоза. По сравнению с существующим положением выбросы вредных веществ после реконструкции рассматриваемого свиноводческого комплекса суммарно снизятся на 2,3% по максимально-разовому выбросу и на 4,6% по валовому выбросу (табл. 1).

Таблица 1. Перечень выбрасываемых веществ на оба положения: существующее и после реконструкции

Загрязняющее вещество		Класс опасности	Суммарный выброс вещества			
			До реконструкции		После реконструкции	
Код	Наименование		г/с	т/год	г/с	т/год
1	2	3	4	5	6	7
0303	Аммиак	4	0,3956343	8,800441	0,3510530	8,346287
0333	Дигидросульфид (Сероводород)	2	0,0271992	0,569538	0,0229575	0,510455
0410	Метан		3,5272364	83,813920	2,9797510	76,218944
1052	Метанол (Метиловый спирт)	3	0,0761539	1,808719	0,0642781	1,643284
1071	Гидроксибензол (Фенол)	2	0,0073267	0,172827	0,0061063	0,170091
1246	Этилформиат		0,0610931	1,450180	0,0515141	1,316110
1314	Пропаналь	3	0,0312905	0,731537	0,0265736	0,667058
1531	Гексановая кислота (Кислота капроновая)	3	0,0169472	0,402132	0,0142784	0,364642
1707	Диметилсульфид	4	0,1075344	2,547777	0,0908160	2,315523
1728	Этантол (Этилмеркаптан)	3	0,0000485	0,001219	0,0000404	0,001106
1849	Метиламин (Монометиламин)	2	0,0138031	0,329408	0,0117539	0,302128

Определяющими веществами при расчете рассеивания загрязнений в атмосфере принимают аммиак и сероводород, поскольку эти вещества имеют наиболее высокий класс опасности - 2.

Аммиак выделяется как из свежего навоза, так и из находящегося в состоянии анаэробного разложения. Он образуется при разложении органических азотсодержащих

соединений под действием уреазоактивных анаэробных бактерий, которые проявляют свою активность при pH 7,8-8,8. В свиарниках с решетчатыми полами его концентрация меньше, чем в помещении с твердыми полами. Повышенное содержание аммиака снижает продуктивность свиней за счёт снижения привесов и приплода [4].

При невысоких концентрациях сероводорода в воздухе снижаются привесы, а хроническая интоксикация приводит к гипотонии с тахикардией. При его вдыхании воспаляются слизистые оболочки, также газ токсично действует на нервную систему, вызывая интоксикацию организма и повышенную нагрузку на печень, снижает содержание углекислого газа в крови, что может спровоцировать отёк лёгких, что также приводит к недополучению привесов и повышенной заболеваемости и падежу свиней. Не менее токсичным для свиней являются соединения серы (диметилсульфид).

Выводы

Наибольшую часть отходов свиноводческого комплекса составляет навоз, определяя огромное количество биологических конгломератов в компонентах природной среды, в том числе выражается в загазованности воздуха. Результаты расчета показали максимальные концентрации по показателям следующих веществ: натрий гидроксид, азота диоксид, дигидросульфид, этилформиат, пропаналь, метиламин.

В качестве рекомендаций по снижению воздействия на атмосферный воздух предложено обустройство щелевых полов вместо системы гидросмыва навоза. Расчеты показали, что по сравнению с существующим положением выбросы вредных веществ после такой реконструкции рассматриваемого свиноводческого комплекса суммарно снизятся на 2,3% по максимально-разовому выбросу и на 4,6% по валовому выбросу.

Библиография

1. Виноградов, П. Н. Уровни загрязнения вредных веществ атмосферы от организованных источников свиноводческих предприятий / П. Н. Виноградов, В. Г. Тюрин, Н. Н. Потемкина // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: Сборник трудов научно-практической конференции, Москва, 08 ноября 2022 года / Под общей редакцией С.В. Позябина, Л.А. Гнездиловой. – Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2022. – С. 410-411. – EDN FUAZKA.
2. Дарбаидзе Ш.А., Чередниченко О.А. Негативное воздействие производства продукции животноводства на окружающую среду и направления его минимизации // Проблемы современной экономики (Новосибирск). 2015. №23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/negativnoe-vozdeystvie-proizvodstva-produktsii-zhivotnovodstva-na-okruzhayuschuyu-sredu-i-napravleniya-ego-minimizatsii> (дата обращения: 09.11.2022).
3. ОВОС "Реконструкция свиноводческого комплекса по доращиванию и откорму на 26400 голов, расположенный по адресу Московская область, г.о. Серебряные Пруды, 29-ый км автодороги Зарайск - Серебряные Пруды". - Санкт-Петербург: 2019

4. Снижение эмиссии запахообразующих веществ в условиях промышленных свиноводческих предприятий / Ю. Н. Терентьев, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Л. В. Пилип // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 2. – С. 113-120.

Влияние газораспределительных станций в Республике Крым на атмосферный воздух на примере ГРС «Холмовка» ГУП РК «Черноморнефтегаз». Мельник А.А.
(Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, melnikarina2002@mail.ru), Буфетова М.В. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, bufetovamv@mgri.ru)*

Аннотация

На сегодняшний день ГУП РК "Черноморнефтегаз" способно в полном объеме обеспечить потребности полуострова в природном газе. Учитывая, что газотранспортная система (ГТС) Крыма находится в эксплуатации более 50-ти лет, для повышения надежности ее эксплуатации в 2019 году начаты работы по экспертизе промышленной безопасности технических устройств, зданий и сооружений объектов магистрального транспорта и газораспределительных станций (ГРС).

В рамках государственной программы по увеличению газификации населенных пунктов Крыма ГУП РК "Черноморнефтегаз" запланировано проведение реконструкции 16 и строительство 2 новых ГРС. На сегодняшний день уже завершена реконструкция ГРС "Холмовка".

ГРС предназначена для снижения уровня давления газа до заданной величины, которая является необходимой в соответствии с нормами безопасного потребления. Также к ее функциям относятся очистка среды от механических примесей и конденсата, измерение и регистрация расхода топлива. Станция является важной составляющей в современной системе транспортировки газа и представляет собой целый комплекс оборудования, измерительных и вспомогательных устройств [5].

Ключевые слова

Экология; газораспределительная станция; газоснабжение; источники загрязнения; реконструкция.

Теория

С целью повышения пропускной способности системы и обеспечения местных потребителей газом, в рамках государственной программы по газификации населенных пунктов Республики Крым была проведена ликвидация станции в населенном пункте Холмовка и строительство новой ГРС в 680 метрах от нее [3].

Новая ГРС «Холмовка» входит в состав, эксплуатируемых Управлением магистральных газопроводов ГУП РК «Черноморнефтегаз» с 2020 года. ГРС предназначена для газоснабжения потребителей Бахчисарайского района Республики Крым и г. Севастополя. До реконструкции газораспределительная станция «Холмовка» обладала низкой пропускной способностью, что не позволяло развивать инфраструктуру Бахчисарайского района [4].

ГРС обеспечивает:

- регулирование направления потока газа между оборудованием ГРС;
- очистку газа от механических примесей и влаги;
- снижение и поддержание давления газа на выходе ГРС;
- измерение расхода газа через ГРС;
- одоризацию газа перед подачей потребителю;
- выдачу аварийных сигналов при нарушении режима работы станции.

До реконструкции ГРС количество источников загрязнения атмосферы (ИЗАВ) равнялось 7 (5 организованных и 2 неорганизованных) (рис.1, а). В результате производственной деятельности предприятия в атмосферу выделялось 8 загрязняющих веществ (ЗВ). Основным ЗВ по валовому выбросу являлся метан (95,9%). Валовый выброс ЗВ, отводимых предприятием в атмосферу суммарно – 1,458257 т/год [1,2].

Количество стационарных ИЗАВ на площадке новой ГРС равняется 25 (в том числе 22 организованных) (рис.1, б), в атмосферу выделяется 20 ЗВ. Основными ЗВ по валовому выбросу стационарных источников также является Метан (79,12%). Суммарный валовый выброс по всем загрязняющим веществам составляет 2,7148023 т/год [1,2].

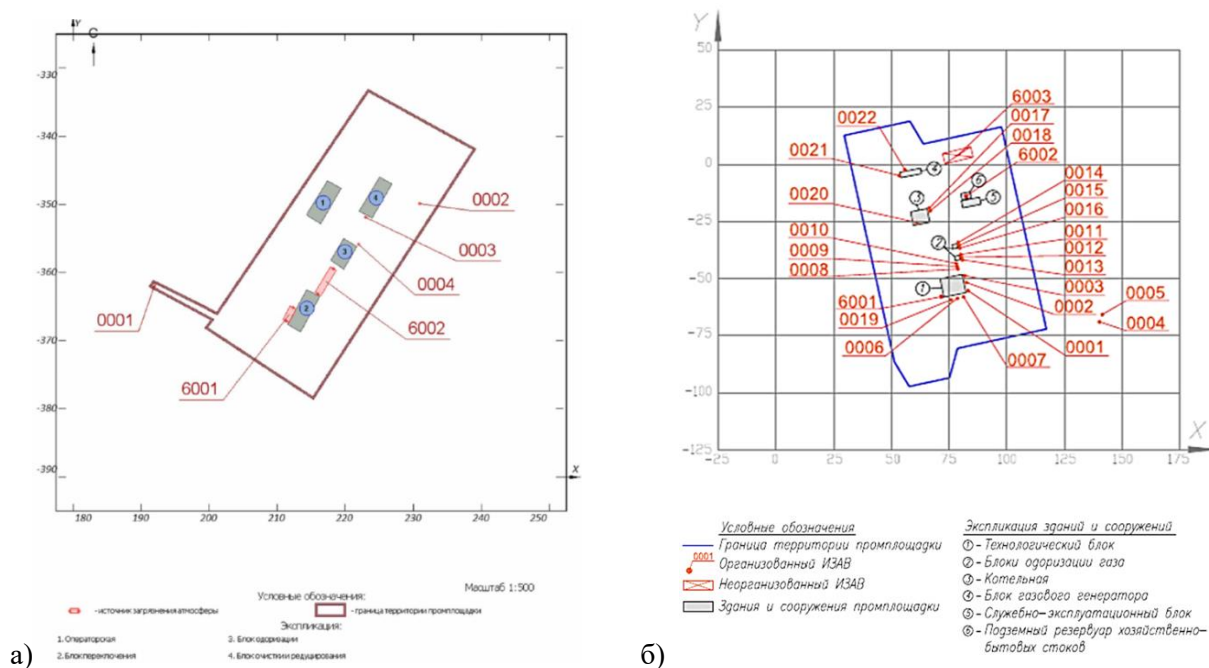


Рисунок 1. Карта-схема расположения промплощадки с указанием ИЗАВ:
 а) демонтированная станция;
 б) реконструированная станция.

С вводом в эксплуатацию новой станции валовый выброс ЗВ увеличен в 2 раза, количество ЗВ увеличено в 2,5 раза, а число ИЗАВ – в 3,5 раза (рис 2).

При этом газификация населенных пунктов была увеличена в 6 раз (с 5 населенных пунктов до 30). Исходя из вышеуказанных данных, можно сделать вывод о том, что при большем объеме работы новой ГРС, суммарный объем выбросов стал сравнительно меньше.

Для обеспечения такого же количества населенных пунктов газом, у станции «старого» образца было бы в 6 раз больше валового выброса – 8,4 т/год.

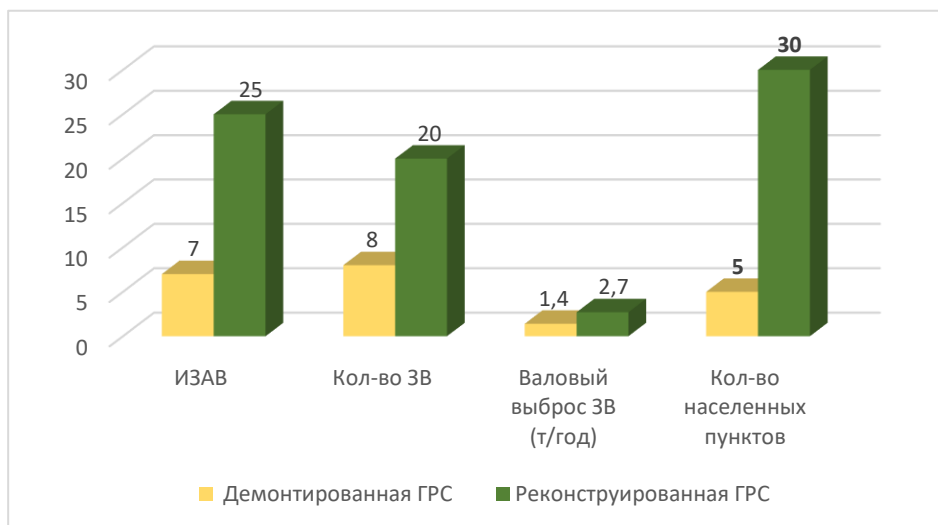


Рисунок 2. Сравнительный график демонтированной и реконструированной ГРС

Выводы

Анализируя вышеуказанные данные, можно сделать вывод, что реконструкция и строительство новых ГРС приведет к увеличению газификации населенных пунктов Республики Крым при этом позволит сократить объем суммарных валовых выбросов.

Благодарности

Выражаю благодарность сотруднику ГУП РК «Черноморнефтегаз», инженеру по охране окружающей среды Лисановской Ю.В., за предоставленные материалы и возможность провести исследование.

Библиография

1. Инструкция по расчету объемов выбросов, сбросов и промышленных отходов на объектах транспорта и хранения газа, СТО Газпром 2–1.19–307–2009.
2. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. – СПб., 2012
3. Отчет по инвентаризации выбросов вредных веществ в атмосферный воздух и их источников // ООО «ЭКО Центр» - Заказчик ГУП РК «ЧЕРНОМОРНЕФТЕГАЗ» 2017 г.
4. Перечень мероприятий по охране окружающей среды. 554.2.2017-ООС1 // ООО «Конструкторско-технологический проектный институт «ГАЗПРОЕКТ» - Заказчик ГУП РК «ЧЕРНОМОРНЕФТЕГАЗ» 2017 г.
5. Проект нормативно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу// ООО «ЭКО Центр» - Заказчик ГУП РК «ЧЕРНОМОРНЕФТЕГАЗ», 2020 г.

Район интенсивной добычи сланцевых углеводородов (Оклахома, США); статистические взаимосвязи: разломы, нагнетательные скважины, землетрясения. Родкин М.В. * (ИТПЗ РАН, ИПНГ РАН, rodkin@mitp.ru), Прохорова Т.В. (ИТПЗ РАН, tatprokh@mitp.ru), Рукавишникова Т.А. (ИТПЗ РАН, rukavishnikova_t@mail.ru)

Аннотация

Связь расположения землетрясений с разломами не вполне ясна. Принято полагать, что землетрясения происходят на разломах, но более слабые события массово регистрируются на удалении от известных разломных зон, не ясна также связь с разломами для более глубоких землетрясений. Такая неопределенность касается и вызванных землетрясений. На примере области интенсивной добычи сланцевых углеводородов рассматриваются статистические взаимосвязи расположения известных разломных зон, нагнетательных скважин и землетрясений. Для выявления статистических взаимосвязей используются методы ГИС анализа, геоинформатики и расчета фрактальных характеристик расположения скважин и землетрясений. Обсуждается возможная интерпретация выявленных статистических взаимосвязей.

Ключевые слова

Вызванная сейсмичность, геостатистика, смешанная корреляционная размерность.

Источники финансирования

Планы госзадания НИР ИТПЗ РАН и ИПНГ РАН (тема 122022800270-0).

Введение

Соотношение расположения разломных зон и очагов землетрясений, несмотря на огромный объем проведенных исследований, остается не ясным. Принято считать, что землетрясения происходят на разломах, и это, в частности, хорошо подтверждается данными по сейсмичности Калифорнии [1]. Но для слабых землетрясений и более глубоких землетрясений соотношение становится не ясным. Такие очаги часто располагаются вне связи с расположением известных разломов. Несогласие может объясняться неопределенностью геометрической формы разломных зон на больших глубинах, возможностью реализации более слабых землетрясений на неизвестных тектонических нарушениях малого размера и иными причинами.

Ситуация остается не ясной и в случае вызванной сейсмичности, например, в областях интенсивной добычи сланцевых углеводородов. Здесь вряд ли можно ожидать четких и единообразно проявляющихся взаимосвязей, и предпочтительным представляется использование статистических методов анализа, нацеленных на выявление пусть и слабых (маскируемых более сильными локальными факторами), но систематически проявляющихся закономерностей. Такой подход реализован для статистически представительных данных по объемам закачек (много скважин и большие объемы закачек) и по числу вызванных землетрясений (до тысячи и более событий за

год) для области интенсивной добычи сланцевых углеводородов и сильной вызванной сейсмичности в Оклахоме (США).

Метод

Для исследования режима сильно изменчивых, неравновесных процессов в настоящее время популярно использование методов расчета фрактальных размерностей [2, 7, и многие другие]. Эти методы широко используются, в частности, при исследованиях разломной сети и сейсмичности. Для расчета фрактальной размерности наиболее широко используются box-counting method и метод расчета корреляционной фрактальной размерности [2, 5]. Ниже используется метод корреляционной фрактальной размерности. При реализации этого метода рассчитывается число пар $N(r)$ точечных объектов данного типа, расположенных на расстоянии не более r друг от друга. Затем, в двойных логарифмических координатах, строится график зависимости $N(r)$ от r . В случае выявления прямолинейного участка графика (возможно нескольких таких участков в разных диапазонах величин расстояний r) определяется наклон графика β

$$N(r) \approx r^\beta. \quad (1)$$

Величина β и определяет значение размерности. Для равномерного случайного распределения точек по площади $\beta=2$, при случайном распределении в пространстве $\beta=3$. Метод расчета корреляционной размерности широко применяется, в частности, для анализа пространственного расположения эпицентров землетрясений (по площади) или расположения гипоцентров очагов землетрясений (в объеме). Получаемые при этом значения фрактальной размерности не превышают топологической размерности вмещающего пространства (2 – для поля эпицентров и 3 – для поля гипоцентров).

В [3] для исследования статистических закономерностей взаимного расположения двух разных видов точечных объектов был предложен и реализован метод расчета так называемой смешанной корреляционной размерности. Смешанная корреляционная размерность является естественным обобщением случая расчета корреляционной размерности однотипных точечных объектов по формуле (1) на случай объектов двух разных типов. При этом под расстояниями r понимаются расстояния, между парами объектов первого и второго вида. Расчеты на искусственных модельных примерах и на данных о расположении различных рудных месторождениях (таких, например, как месторождения Cu и Au, или Fe и Co) показали [3], что значения смешанной корреляционной фрактальной размерности β могут давать значения как меньшие, так и большие топологической размерности соответствующего вмещающего пространства (в частности, равного двум, при анализе размещения месторождений по поверхности Земли).

Было показано [3], что значения смешанной корреляционной фрактальной размерности меньшие топологической размерности вмещающего пространства, отвечают тенденции «притяжения» объектов двух данных типов в данном диапазоне масштабов. Для случая анализа рудных месторождений такая тенденция характерна для систематически совместно встречающихся видов руд Pb и Zn или Cu и Ni. В некоторых других случаях наблюдаются значения смешанной корреляционной размерности, превышающие значения топологической размерности вмещающего пространства. Эти случаи отвечают тенденции взаимного «отталкивания» между объектами данных двух типов. Для случая рудных месторождений такие значения наблюдались, например, для

месторождений, приуроченных к осадочным толщам и к выходам кристаллических пород. Естественно, что такие месторождения оказываются пространственно разбросанными, и потому как-бы взаимно «отталкивающимися». Полученный опыт применения метода расчета смешанной корреляционной размерности дает основания надеяться, что метод окажется полезным и при анализе взаимного расположения также вызванной сейсмичности, нагнетательных скважин и разломов.

Кроме метода расчета смешанной корреляционной размерности использовались и более традиционные методы анализа, в частности, сравнение эмпирически наблюдаемых статистических распределений с модельными распределениями.

Предварительные результаты

Прежде всего мы сравнили наблюдаемое расположение эпицентров землетрясений с расположением разломов. При визуальном анализе явной связи не наблюдается, хотя в ряде случаев эпицентры землетрясений формируют четкие линейные структуры, иногда коррелирующие с известными тектоническими нарушениями. Сопоставление распределений величин расстояния очага землетрясения от ближайшей известной разломной зоны со случайными реализациями показало, что эпицентры вызванных землетрясений систематически оказываются расположены ближе к зонам разломов, чем при случайном их расположении. Аналогичное сопоставление для расположения нагнетательных скважин не выявило статистически значимой тенденции связи с разломными нарушениями, хотя и для сети скважин также иногда наблюдается статистически значимое линейное их расположение.

Расчеты смешанной фрактальной размерности проводились за разные интервалы времени. Обычно использовались годовые интервалы времени. Результаты расчетов наиболее единообразно и значимо отличаются от модели независимого распределения нагнетательных скважин и эпицентров землетрясений при примерно годовом запаздывании для землетрясений относительно работы нагнетательных скважин. Этот результат вполне ожидаем; требуется время для распространения волны повышенного давления от работающей нагнетательной станции. На малых взаимных расстояниях доминирует группирование землетрясений вблизи нагнетательных скважин. На большем расстоянии статистически значимого эффекта работы нагнетательных скважин часто не наблюдается. В различных случаях выявляются тенденции как «притяжения» землетрясений к скважинам закачки, так и тенденции «отталкивания» (рисунок).

Обсуждение и Выводы

Ранее [6, 8, и др.] был убедительно показан эффект развития сильной вызванной сейсмичности при добычи сланцевых УВ. В [4] обсуждается тенденция аномального увеличения наклона графика повторяемости землетрясений при большом росте техногенных нагрузок при добыче УВ. Этот эффект, отвечающий уменьшению доли более сильных сейсмических событий, отвечает уменьшения сейсмической опасности при особо сильных антропогенных нагрузках (вследствие релаксации исходных тектонических напряжений). Там же [4] показано, что и анализ шумовой компоненты GPS смещений указывает на уменьшение опасности потери устойчивости геофизической среды при особо высоких техногенных нагрузках. В целом, наблюдаются

разнонаправленные тенденции связи интенсивности процессов закачки при добыче сланцевых УВ и вызванной сейсмичности.

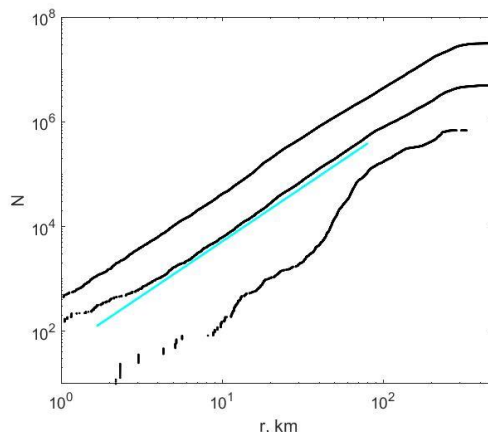


Рисунок 1. Примеры разных значений наклона, как меньше $\beta < 2$ (случай «притяжения» объектов двух классов), так и «отталкивания», $\beta > 2$; голубой линией дан наклон $\beta = 2$.

В данной работе для той же области сильного техногенного воздействия (Оклахома, США) проведено сопоставление положения разломов, работы нагнетательных скважин и очагов вызванных землетрясений. Результаты проведенного анализа указывают на рост вероятности реализации вызванных землетрясений вблизи разломных зон. Анализ взаимной корреляционной размерности положения активно работающих нагнетательных скважин и эпицентров землетрясений указывает на развитие в разных случаях как эффектов положительной, так и отрицательной связи между областями закачек и вызванной сейсмичностью. Выявленное развитие как эффекта «притяжения» очагов вызванных землетрясений к нагнетательным скважинам, так и их «отталкивания» коррелирует с полученным ранее выводом о различии доминирующих тенденций связи интенсивности вызванной сейсмичности и объемов закачек в случае более и менее сильного техногенного воздействия.

Библиография

1. Кочарян Г.Г. Геомеханика разломов. М.: ГЕОС, 2016, 424 с
2. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. Институт компьютерных исследований: 2002. 656 с.
3. Родкин М.В. Шатахян А.Р. Исследование рудных месторождений методами анализа динамических систем. I. Расчет корреляционной размерности //Физика Земли. 2015. № 3. С. 102–111. DOI: [10.7868/S0002333715030138](https://doi.org/10.7868/S0002333715030138)
4. Родкин М. В., Пунанова С. А., Любушин А. А. О негативных эффектах в районах добычи сланцевых углеводородов и их мониторинге // Научный журнал Российского газового общества. 2022. № 4(36). С. 52–63. DOI 10.55557/2412-6497-2022-4-52-63.
5. Hentschet, H., Procaccia, I., 1983. The infinite number of generalized dimensions of fractals and strange attractors. Physica D 8, 435– 444.
6. Krupnick, A., Echarte, I. Induced Seismicity Impacts of Unconventional Oil and Gas Development. RFF. Report. 2017. Goebel, T.H.W. 30 p.
7. Sornette D. Critical phenomena in natural sciences. Springer, 2000, Berlin, 434.

8. Van der Baan K., Calixto F.J. Human-induced seismicity and large-scale hydrocarbon production in the USA and Canada // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2017. V. 18. № 7. P. 2467–2485.

Совершенствование системы экологического мониторинга на Галапагосских островах. Росеро Вальехо Мари Лурдес (МГРИ им. Серго Орджоникидзе, luurosv@gmail.com), Хлебосолова О.А. (МГРИ им. Серго Орджоникидзе, o.hlebosolova@mail.ru)

Аннотация

В статье рассматриваются документы по экологическому мониторингу в Республике Эквадор. Для охраняемых природных районов Галапагосских островов выявлены основные факторы воздействия на природную среду, предложены меры по совершенствованию программы экологического мониторинга.

Ключевые слова

Загрязнение окружающей среды, экологический мониторинг, охраняемые районы, Галапагосские острова.

Теория

Документы, определяющие функционирование национальной системы экологического мониторинга Республики Эквадор, основаны на положениях Конституции, разработаны для отдельных компонентов природы и видов деятельности [1]. Мониторинг состояния недр регламентирует Статья 30 Закона о культурном наследии, где отмечается, что при всех видах разведки полезных ископаемых и земляных работах сохраняются права государства на исторические памятники и объекты, представляющие археологический или палеонтологический интерес, при их обнаружении на поверхности или под землей во время проведения работ [3]. Наблюдения за атмосферным воздухом определяет Закон о предотвращении и контроле загрязнения – Верховный Указ № 374. В нем установлен стандарт качества и предельно допустимые концентрации содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В дополнении к нему разработан Стандарт выбросов в атмосферу от теплоэлектростанций – Книга VI, Приложение 3 [3]. Наблюдения за водами суши регламентирует Закон о водных ресурсах [6]. Для морских районов Эквадора действует Национальный план контроля и наблюдения, основанный на комплексной оценке и концепции экономической устойчивости в долгосрочной перспективе [5]. Слежение за состоянием почв осуществляется на основе Закона о предотвращении загрязнения окружающей среды и борьбе с ним – Верховный Декрет № 374 [3]. Критерии восстановления загрязнённых почв определяет Стандарт экологического качества почвенных ресурсов и Стандарт по предотвращению и контролю загрязнения почвенных ресурсов и окружающей среды на электростанциях – Книга VI, Приложение 2А [3]. Наблюдения за живыми организмами регламентирует Закон о сохранении и устойчивом использовании биоразнообразия [4], в котором изложены общие принципы и правила сохранения и устойчивого использования биоресурсов, восстановления видов, находящихся под угрозой исчезновения, биобезопасности, защиты прав на биоразнообразие в административных, гражданских и уголовных делах. Значимым природоохранным документом, обеспечивающим наблюдения за лесами в Эквадоре,

является Национальная система мониторинга лесов, которая позволяет определять состояние лесов и динамику их использования [3].

Проведенные анализ показывает, что в Эквадоре отсутствуют национальные документы, разработанные для организации экологического мониторинга в особо охраняемых природных районах. Существует только Отчет по сохранению природной среды, в котором рассматриваются охраняемые районы, дается их краткий обзор и история возникновения, помещена информация о защитных лесах, парках и других формах сохранения окружающей среды и природных ресурсов.

Целью нашего исследования стала разработка специальной программы экологического мониторинга в охраняемых природных районах Галапагосских островов для сохранения биоразнообразия и предотвращения негативных последствий хозяйственной и иной деятельности людей.

Галапагосские острова – это вулканический архипелаг в Тихом океане, расположенный в 1000 км от побережья Эквадора. Архипелаг известен как одно из уникальных мест для наблюдения за дикой природой и включает два охраняемых природных района: Галапагосский национальный парк и Галапагосский морской заповедник [2].

Галапагосский национальный парк стал первым объектом, внесенным в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО 8 сентября 1978 года благодаря высокой значимости его экосистем. На площади около 7970 км² встречается большое количество эндемичных видов фауны и флоры – 45 видов птиц, 42 вида рептилий, 15 видов млекопитающих, 79 видов рыб, более 500 видов сосудистых растений, мохообразных и водорослей. Уникальными видами национального парка Галапагосские острова являются гигантские черепахи, однако из 14 обитавших здесь ранее видов в настоящее время осталось 11, что обусловлено их хищническим истреблением пиратами и китобоями в XVIII веке, а также извержениями вулканов Ла Кумбре в Фернандина, уничтожившими некоторые места обитания [2].

Галапагосский морской заповедник относится к 10 крупнейшим в мире и одним из лучших для подводного плавания: его площадь составляет 138 тысяч км² (40 морских миль от береговой линии островов), здесь встречается более 2900 видов, из которых 25% морских организмов являются эндемичными. Отмечены 24 вида морских млекопитающих – киты, дельфины и морские котики (2 вида являются эндемичными). В 2001 году ЮНЕСКО признало огромную экологическую, культурную и экономическую ценность заповедника и включило его в список Всемирного природного наследия, что способствует сохранению обитающих здесь уникальных видов. В настоящее время здесь следят за незаконной практикой рыболовства и чрезмерной эксплуатацией морских ресурсов.

Изучение опубликованных данных свидетельствует о высокой степени уязвимости экосистем Галапагосских островов и прибрежной морской зоны: они не могут сохраниться без специальной защиты, поскольку жизнь многих эндемичных видов одновременно связана с сушей и морем. Морские котики, пингвины, бакланы, альбатросы и множество других птиц живут в двух средах – на суше и в море. В связи с этим на протяжении нескольких десятилетий в охраняемых природных районах

проводилось комплексное изучение состояния экосистем [2]. По его итогам были получены количественные данные о составе биоты, её пространственном распределении и динамике, а также некоторые сведения о влиянии природных и антропогенных факторов.

Долгосрочный характер программы позволил выявить закономерности и процессы, имеющие фундаментальное значение для прибрежно-морских экосистем. Изучение экосистем суши и моря свидетельствует о современных угрозах и рисках и позволяет разрабатывать меры по их минимизации.

Проведенный нами анализ указывает на необходимость разработки единой программы экологического мониторинга для двух охраняемых природных районов Галапагосских островов и приоритетного развития прибрежно-морских исследований. Разработанная нами программа включает систему наблюдений и других мероприятий по трем основным направлениям деятельности: (I) Оценка воздействия на окружающую среду; (II) Оценка воздействия на экосистемы; (III) Оценка экономических и социально-культурных факторов (рис. 1).

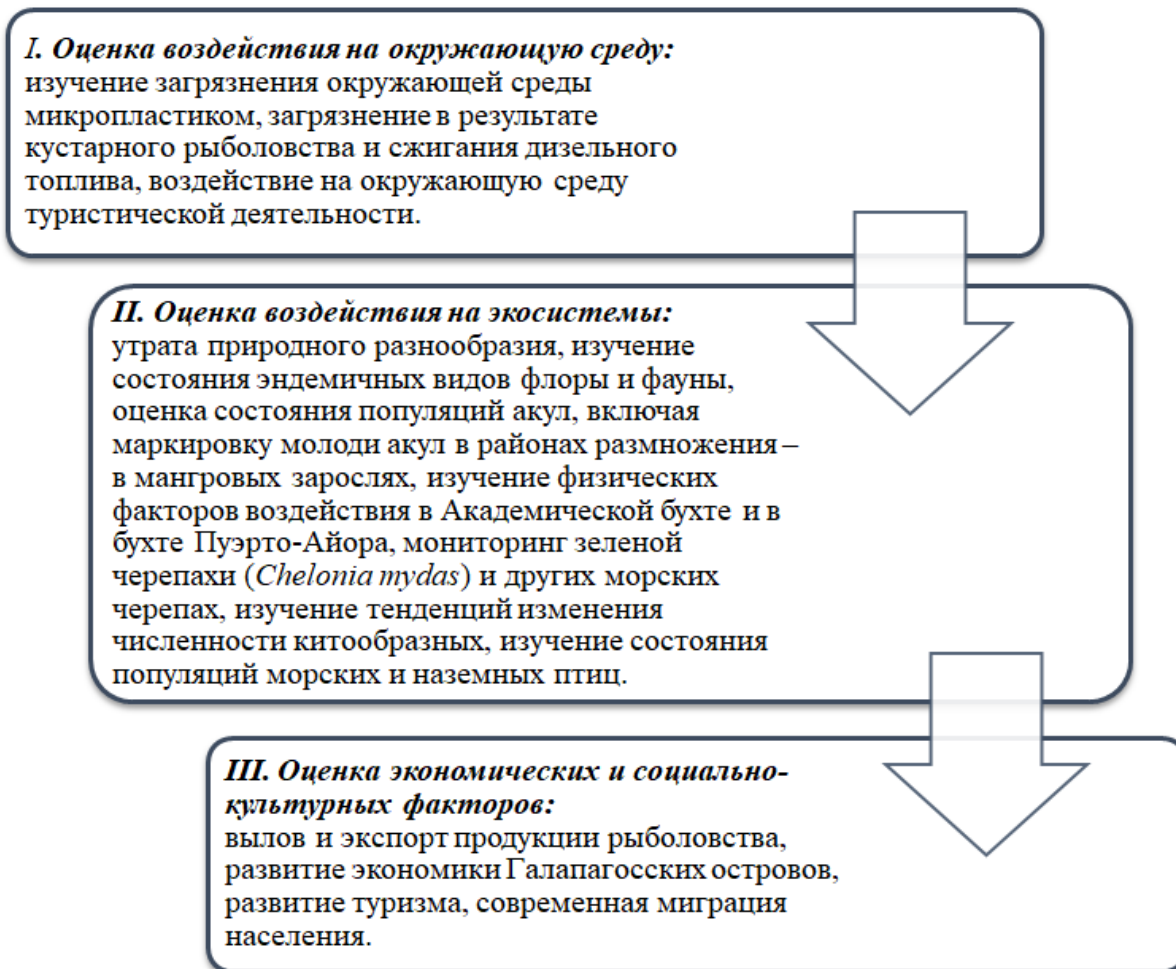


Рисунок 1. Единая программа экологического мониторинга для двух охраняемых природных районов Галапагосских островов.

Выводы

В настоящее время в Эквадоре разработана система мониторинга недр, атмосферного воздуха, вод суши, морских акваторий, почв и биоразнообразия. Система наблюдений за состоянием природной среды основана на таких документах, как Конституция Республики, законы и нормативные акты. На национальном уровне контролирующим органом является Министерство окружающей среды Эквадора.

На Галапагосских островах функционирует два охраняемых природных района: Галапагосский национальный парк и Галапагосский морской заповедник, которые занимают почти всю площадь архипелага и прилегающую акваторию. Систематические мониторинговые исследования проводятся за некоторыми видами животных – черепахами, акулами и китообразными. Все остальные виды, состояние компонентов природы и экосистем практически не оцениваются.

Экономическая и туристическая деятельность являются главными негативными факторами воздействия на природу охраняемых районов Галапагосских островов. Вместе с тем, это влияние проявляется фрагментарно, преимущественно вблизи населенных пунктов.

Для совершенствования системы экологического мониторинга на Галапагосских островах и в других охраняемых районах Эквадора целесообразно использовать опыт российских особо охраняемых природных территорий (программы Летопись природы и др.). Необходимо включать в мониторинговые программы большее число видов и показателей состояния среды их обитания, активно развивать прибрежно-морские исследования. Предварительно необходимо выявлять основные угрозы и определить меры по их предотвращению.

Библиография

1. Constitución de la república del Ecuador [Электронный документ]. – Режим доступа: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf, свободный (дата обращения 07.02. 2022).
2. Fundación Charles Darwin, Monitoreo Ecológico Marino Submareal de la Reserva Marina de Galápagos (RMG) [Электронный документ]. – Режим доступа: <https://www.darwinfoundation.org>, свободный (дата обращения 14.02. 2022).
3. Historia de la conservación ambiental en Ecuador [Электронный документ]. – Режим доступа: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57175.pdf>, свободный (дата обращения 07.02. 2022).
4. Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad [Электронный документ]. – Режим доступа: http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC_Ley_de_Biodiversidad.pdf, свободный (дата обращения 07.02. 2022).
5. Libro de Indicadores Nacionales Ecuador [Электронный документ]. – Режим доступа: <https://condesan.org/wp-content/uploads/2018/10/LIBRO-INDICADORES-NACIONALES-BD-ECUADOR.pdf>, свободный (дата обращения 07.02. 2022).
6. Plan Nacional de Control y Vigilancia [Электронный документ]. – Режим доступа: https://wildaid.org/wp-content/uploads/2017/10/Web_Plan-Nacional-de-Ecuador_8-24.pdf, свободный (дата обращения 07.02. 2022).

Вариации магнитного поля Земли, сопутствующие землетрясению в Кемеровской области 2013 года. Рябова С.А. (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук, riabovasa@mail.ru),*

Аннотация

В настоящей работе представлены результаты анализа временных вариаций геомагнитного поля в приземном слое атмосферы в период землетрясения, произошедшего 18 июня 2013 г. в Кемеровской области. В качестве исходных данных использовались ряды цифровых записей геомагнитного поля, выполненных на станциях сети INTERMAGNET.

Геомагнитные аномалии на удаленных обсерваториях интерпретированы как результат распространения медленных магнитогидродинамических (МГД) волн, возбужденных в ионосфере акустическим импульсом после землетрясений, в то время как аномалии на обсерватории «Новосибирск», расположенной примерно в 360 км от эпицентра, геомагнитные вариации связаны с приходом атмосферной гравитационной волны после возмущения ионосферной плазмы акустической волной непосредственно над эпицентром землетрясения.

Ключевые слова

Геомагнитное поле, землетрясение, вариации, МГД-волна, атмосферная гравитационная волна

Источники финансирования

Экспериментальные исследования выполнены в рамках государственного задания ИДГ РАН № 1220329000185-5 "Проявление процессов природного и техногенного происхождения в геофизических полях", интерпретация результатов выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Введение

Бачатское землетрясение произошло в Кемеровской области в 23:02 UT 18 июня 2013 г. (19.06.2013 в 06:02 LT) с магнитудой 5,3–5,8 на площади одноименного угольного разреза в Кузбассе [1].

Бачатское землетрясение является крупнейшим из серии сейсмических событий в районе Бачатского угледобывающего разреза, а также одним из сильнейших в мире техногенных землетрясений, связанных с горными работами при разработке месторождения твёрдых полезных ископаемых [4]. Механизм очага главного толчка представляет собой практически чистый взброс, нодальные плоскости расположены вдоль простирания угольного разреза, что может быть одним из доказательств техногенной природы этого землетрясения. Помимо этого, в пользу техногенной

природы Бачатского землетрясения свидетельствует и сила толчка – магнитуда около шести соотносится с размерами очага порядка 10 км, что сопоставимо с длиной угольного разреза и протяжённостью области, занятой афтершоками (эпицентры большинства из них попадают внутрь карьера) [5].

Публикации последних лет свидетельствуют о том, что на последней стадии подготовки землетрясения, в период основного толчка, а также в период афтершоковой активности регистрируются возмущения магнитного поля на земной поверхности [2, 3, 9]. Непосредственно после основного толчка ряда сильных землетрясений обнаружены удаленные длиннопериодные геомагнитные вариации [6–8].

В настоящей работе представлены результаты анализа временных вариаций геомагнитного поля в приземном слое атмосферы в период землетрясения, произошедшего 18 июня 2013 г. в Кемеровской области.

Исходные данные

При исследовании геомагнитного эффекта Бачатского землетрясения для обработки и анализа использовались ряды цифровых записей магнитного поля, выполненных на земной поверхности, сформированные с дискретностью 1 мин на основе данных сети INTERMAGNET [15]. Перечень пунктов наблюдений с указанием их координат приведен на слайде в таблице. Следует отметить широкий диапазон расстояний пунктов наблюдений от очага землетрясения от примерно 360 км (обсерватория «Новосибирск») до более чем 5300 км (обсерватория «Борок»).

Таблица. Список пунктов геомагнитного мониторинга

Наименование пункта наблюдения	Код	Широта, град. с.ш.	Долгота, град. в.д.	Расстояние, км
Алма-Ата	AAA	43,25	76,92	1 038
Арги	ART	56,43	58,57	3 068
Борок	BOX	58,07	38,23	5 331
Джайпур	JAI	26,92	75,8	1 215
Иркутск	IRK	52,17	104,45	2 034
Новосибирск	NVS	55,03	82,90	362
Якутск	YAK	62,02	129,72	4 840

Результаты

В целом, анализ результатов инструментальных наблюдений показывает, что процесс инициализации землетрясений сопровождается характерными вариациями магнитного поля.

С небольшой задержкой регистрируются аномалии после основного толчка Бачатского землетрясения 2013 года на всех рассматриваемых обсерваториях, что свидетельствует о нелокальном характере вызванных геомагнитных вариаций. Привлечение данных с геомагнитных обсерваторий, расположенных на значительном расстоянии от эпицентра, показало, что геомагнитные возмущения наблюдаются после

землетрясения в северной горизонтальной компоненте. Причем наблюдаются незначительные задержки на разных обсерваториях. Сильная линейная трендовая составляющая не дает возможность обнаружить аномалии в восточной и вертикальной компонентах магнитного поля. Следует отметить, что, как и было ожидаемо, выразительнее всего магнитные вариации проявляются в непосредственной близости к эпицентру землетрясения. Причем задержка увеличивается по мере удаления от эпицентра сейсмического события.

Обсуждение результатов и выводы

Остановимся подробнее на анализе задержки регистрации геомагнитного возмущения на обсерваториях, расположенных на разном расстоянии от эпицентра.

Для ближайшей обсерватории «Новосибирск» задержка регистрации геомагнитного возмущения составила 25 мин. То есть, если учесть время распространения до нижней ионосферы акустической волны, то получаем, что возмущение распространялось на расстояние 362 км 20 мин, т.е. со скоростью 0,31 км/с (рис. 1). Такая скорость соответствует скорости горизонтальной составляющей атмосферных внутренних гравитационных волн.

Анализ данных демонстрирует, что на расстояниях свыше 400 км скорость распространения магнитного сигнала значительно выше. Например, расстояние в 1038 км магнитное возмущение преодолевает за 3 мин, а в 5331 км за 27 мин, т.е. скорость распространения в этих случаях составляет 5,77 и 4,04 км/с соответственно (рис. 1). Это соответствует скоростям распространения медленных МГД-волн в ионосфере.

О возможном распространении сигнала в виде МГД-волны свидетельствует уменьшение скорости распространения магнитного сигнала с расстоянием (на больших расстояниях происходит затухание МГД волны). За эту зависимость выходят значения лишь для обсерватории «Новосибирск», геомагнитное возмущение на которой, вероятно, вызвано не МДГ волной, а приходом в пункт наблюдения атмосферных внутренних гравитационных волн.

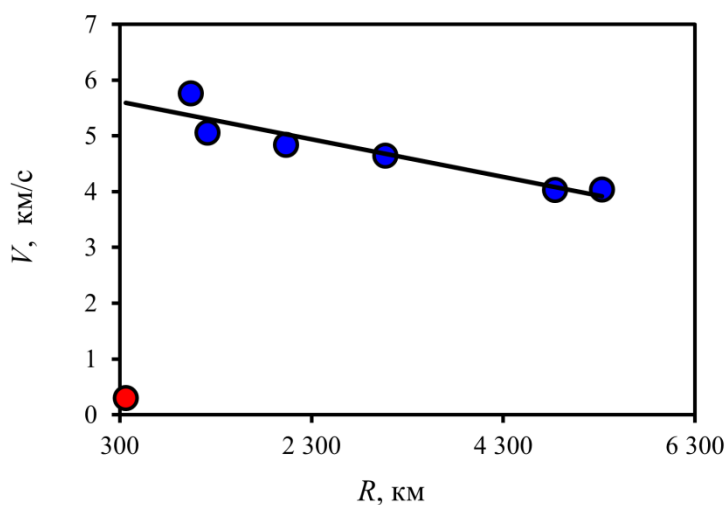


Рисунок 1. Зависимость скорости распространения магнитного сигнала от расстояния от места очага землетрясения до пункта геомагнитной регистрации. Красным кружочком помечены данные для обсерватории «Новосибирск».

Библиография

1. Адушкин В.В. Развитие техногенно-тектонической сейсмичности в Кузбассе // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 5. С. 709–724. doi: 10.15372/GiG20180510.
2. Адушкин В.В., Рябова С.А., Спивак А.А. Геомагнитные эффекты природных и техногенных процессов. М.: ГЕОС, 2021. 264 с.
3. Белинская А.Ю., Ковалев А.А., Семаков Н.Н., Белинская С.И. Вариации параметров ионосферы и геомагнитного поля во время Бачатского землетрясения 18 июня 2013 г. // Солнечно-земная физика. 2021. Т. 7. № 1. doi: 10.12737/szf-71202110.
4. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. Бачатское техногенное землетрясение 18 июня 2013 г. с $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Кузбасс) // Российский сейсмологический журнал. 2020. Т. 2. № 1. С. 48–61. doi: 10.35540/2686-7907.2020.1.05.
5. Кочарян Г.Г., Кишкина С.Б., Будков А.М., Иванченко Г.Н. О генезисе Бачатского землетрясения 2013 года // Геодинамика и тектонофизика. 2019. Т. 10. № 3. С. 741–759. doi: 10.5800/GT-2019-10-3-0439.
6. Рябова С.А. Геомагнитный эффект сильного землетрясения Тохоку 2011 года // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 4. С. 137–151. doi: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-137-151
7. Рябова С.А., Шалимов С.Л. О геомагнитных вариациях, наблюдаемых на поверхности земли и приуроченных к сильным землетрясениям // Физика Земли. 2022. № 4. С. 30–45. doi: 10.31857/S0002333722040081.
8. Спивак А.А., Рябова С.А. Геомагнитный эффект землетрясений // Доклады академии наук. 2019. Т. 488. № 2. С. 197–201. doi: 10.31857/S0869-56524882197-201.
9. Черногор Л.Ф. Геомагнитные возмущения, сопровождавшие великое японское землетрясение 11 марта 2011 г. // Геомагнетизм и аэрономия. 2019. Т. 59, № 1. С. 69–82. doi: 10.1134/S0016794019010048.
10. Международная сеть INTERMAGNET. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intermagnet.org/> (дата обращения: 01.02.2023)

Разработка системы контроля действий персонала с радиоактивными источниками излучения при калибровке геофизического оборудования. Садыкова А.Р. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», alinka.99.sadykova@mail.ru). Научный руководитель: Щербакова Ксения Олеговна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, sherbakovak@mgri.ru), соавтор: Овезов Батыр Аннамухаммедович (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, ovezovba@mgri.ru), Календарова Лейли Рустамовна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kalendarovalr@mgri.ru)*

Аннотация

В работе предлагаются способы решения проблем при калибровке геофизического оборудования, представлена схема разрабатываемого комплекса. В заключении сделан вывод о том, что данная система также может применяться и в других областях нефтегазовой промышленности, например, при контроле захоронения радиоактивных источников.

Ключевые слова

Геофизика, каротаж, система контроля, радиоактивные источники.

Теория

В нефтегазовой промышленности применяется около 50 методов исследования скважин, использующих источники радиоактивного излучения. Это ядерно-магнитный каротаж, радиоактивный каротаж, гамма-каротаж и другие [1,8]. Большая часть из них подразумевает погружение радиоактивного источника непосредственно в скважину с последующей регистрацией излучения и анализ полученных данных [5].

Контроль перемещения и состояния таких источников излучения лежит на государственных службах, различающихся в зависимости от страны [7], но всегда отвечающих за безопасность труда, состояние экологии и радиационную безопасность [4].

На территории России пробурено около 8000 скважин в 2021 году на основе анализа данных Deloitte, из которых на 75% проводят комплекс ГИС с радиоактивными источниками [9]. Несмотря на серьёзный подход к обеспечению безопасности проведения калибровки аппаратуры, до сих пор нередко случаются аварийные ситуации, в результате которых наносится колоссальный ущерб сотрудникам и окружающей среде.

По статистике, в среднем возмещение ущерба от аварии обходится сервисной компании в год более миллиарда рублей.

Использование данных методов контроля работы персонала с радиоактивными источниками подвергают опасности сотрудников из-за длительных по времени процессов обработки, оповещения и обучения [6].

Также, кроме безопасности, существует ряд незатронутых проблем: огромное количество документов, проверок, отчётов требует большого штата сотрудников, содержание архива и временных затрат на подготовку, поиск и анализ необходимых документов; использование импортных систем обработка данных уровня доз радиации.

Для решения этих проблем разработано комплексное решение[3] (рис.1), состоящее из:

1. Программное обеспечение (ПО), позволяющее контролировать проведение работ сотрудникам, хранить данные о нарушениях и проводить статистику;
2. Единой базы специалистов, имеющих доступ к проведению работ с источниками радиоактивного излучения и контролирующими дозы радиации сотрудников;
3. База специалистов, составляющая отчётные документы, вместе с тем контролирующая обучение и состояние работников;
4. Системы электронного документооборота;
5. Системы контроля состояния источника излучения и действий сотрудников с ними.

Программное обеспечение на основе машинного обучения позволяет автоматизировать процесс контроля, оповещения и организации. Система видеонаблюдения с введёнными параметрами работ записывает, проводит статистику нарушений при действиях с источниками излучения[10], для дальнейшей передачи данных в государственные службы, что в своё время повышает безопасность работы персонала, за счёт своевременного и необходимого обучения специалистов для допуска.

Единая база специалистов, имеющая доступ к проведению работ с источниками радиоактивного излучения позволит сократить время проверок документов, улучшить качество соблюдения норм безопасности. Данные сотрудники также будут вести контроль полученных работниками доз радиации[2].



Рисунок 1. Схема работы системы контроля.

Система контроля – сложное модульное устройство. Главное ее назначение – обеспечить непрерывный доступ к состоянию источников излучения. Система контроля состоит из:

1. Корпуса, защищающего микросхемы от излучения;

2. Видеокамер высокой чёткости, обеспечивающих обзор в 360 градусов вокруг контейнера с источником;

3. GPS-RTK контроллера для точного местоположения прибора.

Разработана система контроля на базе машинного обучения Inspector, информативно содержащая данные о сотрудниках, находящихся в базе: стаж работы, количество проведенных работ и нарушений, показания измерений.

Видеокамеры нужны для передачи данных в прямом эфире на сервер. ПО позволит в случае нарушения правил безопасности подавать сигнал контролирующим специалистам, чтобы дать возможность оценить ситуацию и принять необходимые меры.

Отслеживание точного местоположения при помощи GPS-RTK контроллера будет обеспечивать непрерывную передачу информации о транспортировке, изменениях в маршрутах и других нарушениях, в соответствии с нормативными документами.

Выводы

В настоящее время компании, обеспечивающие системы контроля, предоставляют только часть из комплекса предлагаемого решения.

Сервисные компании так же увидят преимущество в снижении риска возникновения аварийных ситуаций, что позволит сократить затраты на компенсацию их последствий. Кроме этого, внедрение системы сократит издержки на отчетность перед контролирующими органами, снизит нагрузку на делопроизводителей и упростит получение необходимых разрешений.

Данная система также может применяться и в других областях нефтегазовой промышленности, например, при контроле захоронения радиоактивных источников.

Таким образом, реализация проекта позволит государственным органам снизить риски возникновения аварийных ситуаций и повысить скорость реакции на аварийные ситуации, оперативно оповещать административные пункты для принятия решений. Единая достоверная база сотрудников и модуль контроля состояния источника излучения с ПО дадут полный контроль над проходящими исследованиями.

Библиография

1. Азмамбетова, Э. А. Разработка лазерной сканирующей системы для автоматизации процесса измерения глубины скважины / Э. А. Азмамбетова, Б. А. Овезов // Энергия молодежи для нефтегазовой индустрии : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции молодых ученых, Альметьевск, 26 ноября 2021 года. – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2021. – С. 453-455. – EDN HNUYVN.
2. В. Н. Косков, Б. В. Косков Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС // Издательство Пермского государственного технического университета – 2007 – №10. - 91 - 108 с.
3. Гадоева, Т. З. Разработка кроссплатформенного программного обеспечения для повышения эффективности образовательного процесса с применением технологии дополненной реальности / Т. З. Гадоева, В. В. Казаку, Б. А. Овезов // Молодые - Наукам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев.

Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 204-207. – EDN SRHTLC.

4. Коррекция влияния геомагнитных возмущений на траекторию наклонно направленного бурения в арктическом регионе / Б. А. Овезов, К. О. Щербакова, Н. В. Соловьев, А. С. Повалихин // Новые идеи в науках о Земле : Материалы XIV Международной научно-практической конференции: в 7 томах, Москва, 02–05 апреля 2019 года. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2019. – С. 278-281. – EDN EVHKTT.

5. Разработка геофизического прибора нейтронного каротажа с аппаратурой для возбуждения и остановки реакции синтеза «NeoTron» / А. М. Бойко, Н. В. Соловьев, Б. А. Овезов, К. О. Щербакова // Молодые - Научкам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 59-62. – EDN VCTQJY.

6. Разработка геофизического прибора нейтронного каротажа с аппаратурой для возбуждения и остановки реакции синтеза / А. М. Бойко, Н. В. Соловьев, К. О. Щербакова [и др.] // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2021. – № 9(117). – С. 48-51. – EDN VEOWLA.

7. Романович И. К. и др. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). – 2010.

8. Шакрамов, М. С. Наддольный модуль телесистемы / М. С. Шакрамов, Л. Р. Календарова, Б. А. Овезов // Молодые - Научкам о Земле : Материалы IX Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 23 октября 2020 года / Редколлегия: В.А. Косьянов, В.Ю. Керимов, В.В. Куликов. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2020. – С. 188-190. – EDN SKOGGA.

9. Щербакова, К. О. Инженерные решения глобальных проблем устойчивого развития / К. О. Щербакова, Б. А. Овезов, Н. В. Соловьев // Новые идеи в науках о Земле : Материалы XIV Международной научно-практической конференции: в 7 томах, Москва, 02–05 апреля 2019 года. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2019. – С. 317-320. – EDN KGXMAS.

10. Gadoeva, T. Augmented reality - a tool for the effective study of oil and gas employees / T. Gadoeva, V. Kazaku // Нефтегазовые Горизонты, 16–19 ноября 2021 года, 2021. – С. 120-122. – EDN RVOXKQ.

Исследования состава золы, образующейся при сжигании углей, для определения направлений её глубокой переработки. Сафронов О.А. (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, rossurix33@gmail.com), Кунилова И.В. (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.Мельникова Российской академии наук, Kunilova_i@ipkonran.ru)*

Аннотация

В работе приведены данные о гранулометрическом и элементном составе золы сжигания углей Рефтинской ГРЭС, на основании которых рекомендованы следующие направления её глубокой переработки: получение алюмосодержащего коагулянта, белой сажи и извлечение ценных компонентов, таких как редкоземельные элементы.

Ключевые слова

Зола сжигания углей, глубокая переработка, гранулометрический состав, элементный состав.

Введение

Вопросам разработки технологий комплексной переработки минеральных техногенных отходов уделяется все больше внимания [2-4].

В последние десятилетия в России и за рубежом активно ведутся научно-технологические разработки способов и технологий глубокой комплексной переработки золошлаковых отходов, в т. ч. отдельно золы-уноса, золошлаковых отходов и шлака [5]. Основными направлениями комплексной переработки ЗШО являются:

- Получение глинозема, белитового шлама, магнитного и углеродного концентратов;
- Получение сорбентов - синтетических цеолитов;
- Получение коагулянтов для очистки воды.

Многокомпонентный состав и вариабельность гранулометрического и химического составов золы создают ограничения для ее использования без предварительной подготовки.

Принимая во внимание сведения о значительном содержании потенциально ценных элементов (в том числе алюминия и редкоземельных элементов) в золе уноса, представляется целесообразным выполнение комплексных исследований по анализу состава и свойств исходной золы; определению эффективных режимов извлечения из неё названных элементов [1]. Разработка комплексной технологии переработки золошлаковых отходов является важной экономической и экологической проблемой.

Материалы и методы исследования

Основной целью данной работы являлась оценка гранулометрического, химического и фазового состава золы Рефтинской ГРЭС.

Гранулометрический состав золы определяли методом лазерной дифракции на приборе "Analyzette 22".

Элементный состав образцов определяли на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре X-5000 Olympus.

Фазовый состав образца исследовали методом рентгенофазового анализа на дифрактометре D2 PHASER Bruker.

Результаты и их обсуждение

Интегральная кривая распределения частиц по крупности исходного материала представлена на рисунке 1.

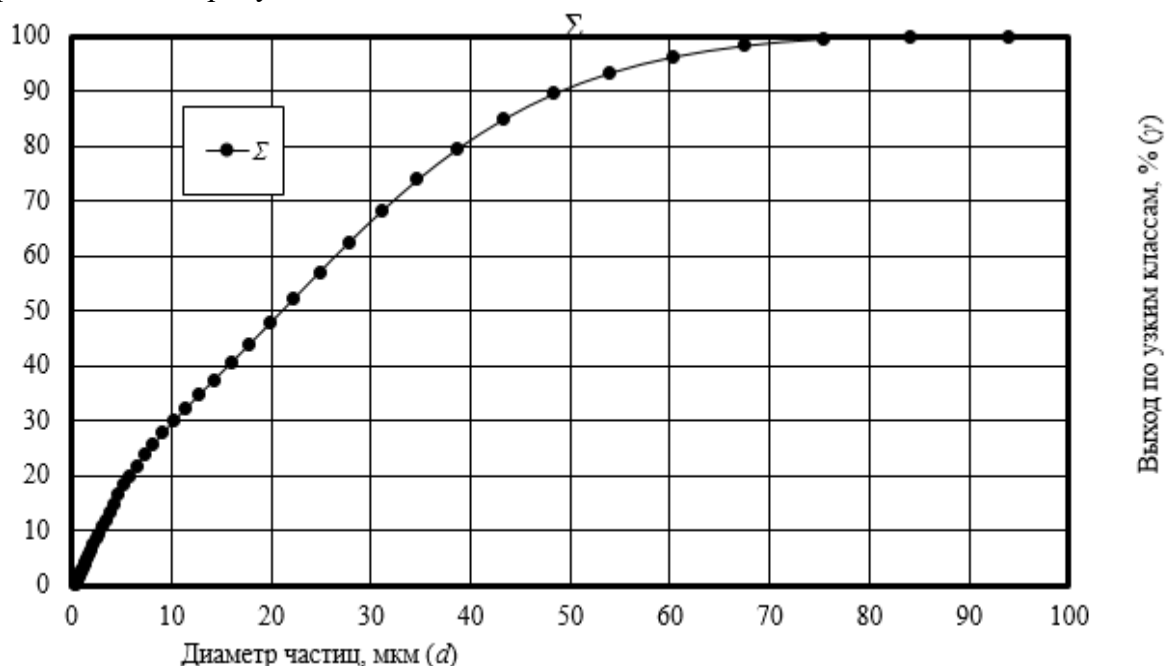


Рисунок 1. Интегральная кривая распределения по крупности частиц исходной золы

Из данных, представленных на рис. 1., установлено, что исследуемый образец представляет из себя тонкодисперсный композиционный материал. Выход частиц крупностью менее 20 мкм составил около 50 %, а крупностью менее 50 мкм – около 90 %.

Усредненный элементный состав образца золы, используемого в данной работе представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Содержания основных элементов в образцах золы, %

Элемент	Si	Al	Fe	C	Ca	Ba	Ti	Mg	K	Na	S
Содержание, %	27,07	11,27	2,60	2,35	1,53	0,80	0,70	0,67	0,39	0,18	0,10

В пробе исследуемой золы содержатся элементы, масса которых меньше 40 а.е.м., но они не определяются на рентгенофлуоресцентном анализаторе, поэтому сумма выходов элементов, приведённых в таблице, меньше 100%.

Помимо этого, в составе золы обнаружено до 0,075 % смеси редких элементов (лантан, иттрий, церий, а также цирконий).

Основными кристаллическими фазами, по данным рентгенофазового анализа, являются: муллит ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), кварц (SiO_2) и его модификация – коэсит (SiO_2)

модиф.). Помимо этого, в составе обнаружены оксиды и сульфаты железа, кальция, бария. Также образец содержит порядка 20-30% рентгеноаморфной фазы (предположительно соединений кремния), которая указывает на аморфные неупорядоченные структуры. По литературным данным можно предположить, что значительная часть алюминия сосредоточена в муллите, который является кислотоупорным [6].

Выводы

На основании данных о химическом составе образца золы можно предположить основные направления ее потенциального использования:

1. Получение алюмосодержащих коагулянтов [2];
2. Получение белой сажи (гидратированного гидроксида кремния);
3. Извлечение ценных компонентов (например, РЗЭ).

Разработка комплексной энерго- и ресурсосберегающей технологии переработки золы уноса позволит максимально приблизиться к стандартам зелёного производства и реализовать концепцию «Zero Waste».

Благодарности

Авторы благодарят М.О. Долгову (ИПКОН РАН) за проведение анализа углерода методом термогравиметрии, А.И. Докучаеву (ИПКОН РАН) за проведение анализа методом лазерной дифракции, М.В. Железного (ООО «Мелитэк») за проведение фазового анализа, а также лабораторию ЭКОН ИПКОН РАН за предоставленное оборудование. Авторы также благодарят кандидата технических наук, доцента кафедры промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева Е.Н. Кузина за ценные советы и рекомендации.

Библиография

1. Адеева Л.Н., Борбат В.Ф. Зола ТЭЦ - перспективное сырьё для промышленности // Вестник Омского университета. - Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2009. С. 141-151.
2. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е. Получение комплексных коагулянтов на основе крупнотоннажных отходов и продуктов крупнотоннажных отходов промышленных производств // Цветные металлы. 2021. N. 1. С. 13-18
3. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е. Бруситсодержащие отходы производства огнеупорных материалов в процессах очистки сточных вод // Стекло и керамика. 2022. Т. 95, № 7. С. 58 – 63.
4. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е. Получение комплексных коагулянтов на основе минеральных концентратов и их использование в процессах очистки воды // Обогащение руд. 2019. N 3. С. 43-48.
5. Худякова Л.И., Залуцкий А.В., Палеев П.Л. Использование золошлаковых отходов тепловых электростанций. XXI век. Техносферная безопасность. 2019. В. 4(3). С. 375-391.
6. O.S. Grum-Grzhimailo. Acid stability of mullite // Glass Ceram. - 1974. - 31. - P.479–481.

Разработка рекомендаций по реконструкции очистных сооружений для увеличения эффективности очистки сточных вод на МУП «Домодедовский водоканал».

Сергеев И.С.* (МГРИ, ivan13622@mail.ru), Научный руководитель: Абрамова Е.А. (МГРИ, abramovaea@mail.ru)

Аннотация

В данной теме рассматриваются направления в реконструкции и модернизации очистных сооружений МУП «Домодедовский водоканал» на участке микрорайона Белые Столбы. Одними из основных проблем являются нехватка мощностей, износ оборудования и недостаточное качество очистки. По результатам анализа предложены рекомендации по реконструкции очистных сооружений, которые позволят не только эффективно использовать существующие очистные сооружения, но и добиться высокой степени очистки сточных вод перед сбросом очищенных стоков в водоём.

Ключевые слова

Водоканал; реконструкция; рекомендации; увеличение эффективности.

Россия относится к странам, которые наиболее обеспечены водой. Однако состояние ее некоторых водоёмов нельзя назвать удовлетворительным. Хозяйственная деятельность приводит к загрязнению как поверхностных, так и подземных источников воды, что пагубно влияет как в целом на окружающую среду, так и конкретно на здоровье человека. Очистка вод на очистных сооружениях должна решать данную проблему, но не все они справляются со своей задачей по различным причинам. Одни из них – это износ и несвоевременные меры по реконструкции и модернизации очистных систем [4].

Одним из предприятий, которое осуществляет водоотведение сточных вод и их очистку является МУП «Домодедовский водоканал». Объектом исследования являются очистные сооружения микрорайона Белые Столбы. Сооружения биологической очистки предназначены для приема, очистки хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу сточных вод. Проектная мощность очистных сооружений – 4200 м³/сут. Очистные сооружения построены и введены в эксплуатацию с 1993 года. На очистные сооружения мкр. Белые Столбы поступают, в основном, хозяйственно-бытовые сточные воды от населения – 51,5 %, а также прочие организации – 28 %, оставшиеся 20,5 % поступающего стока составляют хозяйственно-бытовые сточные воды от бюджетных организаций (школьных, медицинских, административных учреждений). Водоприемником очищенных сточных вод является река Гнилуша – водоем рыбохозяйственного значения второй категории. Площадь земельного участка – 39 400 м².

Технологическая система очистных сооружений микрорайона Белые Столбы представлена на рисунке 1 [3].

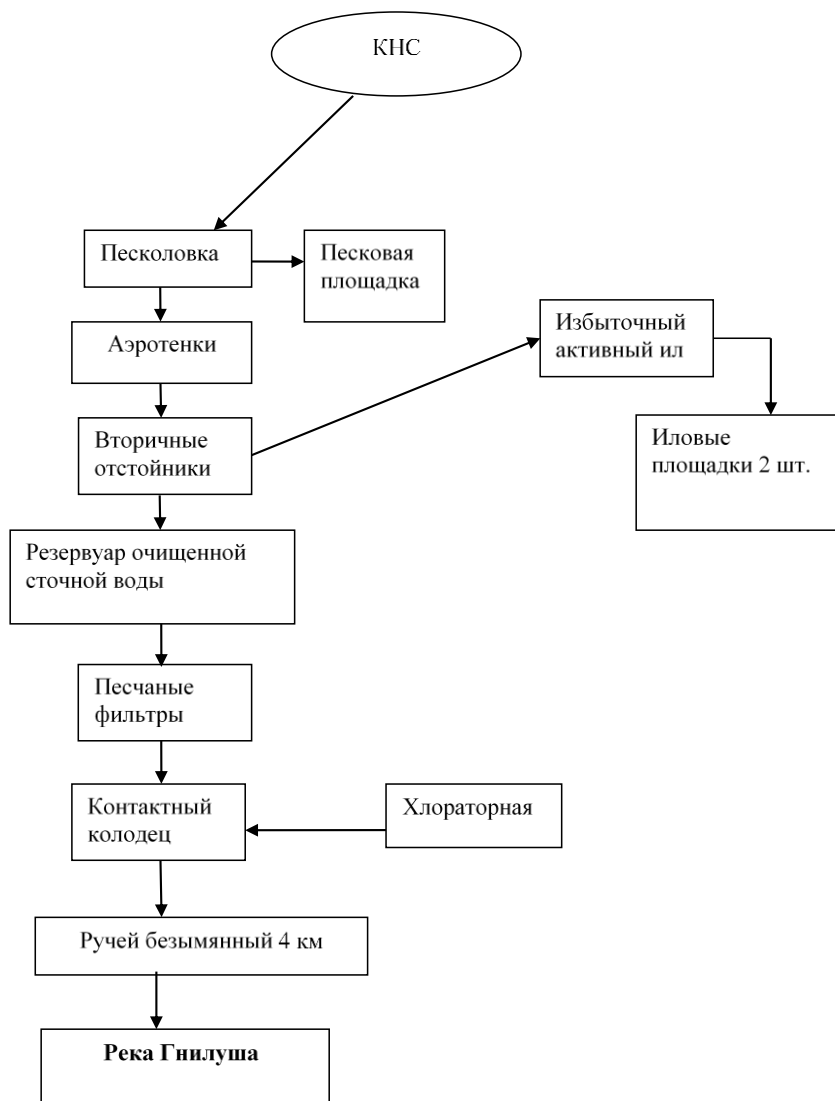


Рисунок 1. Технологическая схема очистных сооружений мкр. Белые Столбы [3]

По данным, полученным по прохождении производственной практики, эффективность работы очистных сооружений составляет: по взвешенным веществам 93%, по БПК полн. 93%, ХПК 92%, сульфат-иону 0%, нефтепродуктам 48%, хлориду 0%, железу общему 85%, фосфору 51% (Табл.1.) [3]. Концентрация, определяемых загрязняющих веществ на выпуске после очистных сооружений не превышает НДС только лишь по нефтепродуктам, сульфатам и хлоридам.

Из-за сильной изношенности компонентов очистной системы очистные сооружения не могут работать в полную проектную мощность, максимальная мощность на момент исследования составляет 1400 м³/сут. Следовательно, биологические очистные сооружения не полностью выполняют свои функции по очистке сточных вод. Это свидетельствует о том, что к данным очистным сооружениям крайне необходимо предпринять все необходимые мероприятия по выявлению слабых участков данной очистительной системы, а также проведение ремонтно-реконструкционных работ с целью устранения неполадок [1].

Таблица 1 – Эффективность работы очистных сооружений МУП
«Домодедовский водоканал» [3]

Ингредиент	Утверждённый норматив допустимого сброса веществ, мг/дм ³	Вход на ОС, мг/дм ³	Выход с ОС, мг/дм ³	Эффективность, %	Соответствие сточных вод на выходе из ГОСК нормам на сброс в водоем (да/нет)
Нефтепродукты	0,05	0,97	0,05	48	Да
БПК полн	3	159,20	11,83	93	Нет
ХПК	6	355,44	27,85	92	Нет
Сульфаты	100	45,69	45,69	-	Да
Хлориды	300	181,06	181,06	-	Да
Железо общее	0,1	2,34	0,35	85	Нет
Фосфор	0,2	3,53	1,71	51	Нет
Взвешенные вещества	13,9	169,09	11,77	93	Нет

Технико-экономические показатели эксплуатации очистных сооружений представлены в таблице 2 [3].

Таблица 2 – Технико-экономические показатели эксплуатации очистных сооружений МУП «Домодедовский водоканал» мкр. Белые Столбы [3]

Наименование статьи расхода	Ед. измерения	Расход	Цена за ед., руб.	Итого стоимость, руб/год
Электроэнергия	кВт·ч	147,58	5,0	269 370
Раствор гипохлорита натрия	л/сут	9,4	12,5	42 888
Заработная плата сотрудников	руб/мес на 1 человека	5	25 000	1 500 000
Всего расходов:				2 812 258
Цена за м ³ очистки:	руб/м ³			5,46

Для реконструкции комплекса очистных сооружений рекомендуется выполнение следующих работ: Установка новых решеток в приемную камеру канализационной насосной станции, новых насосов в канализационную насосную станцию для перекачки сточных вод в приемную камеру очистных сооружений; установка новой приемной камеры очистных сооружений; устройство новых транспортирующих трубопроводов от канализационной насосной станции до приемной камеры, от приемной камеры до здания решеток; новых горизонтальных песколовков с круговым движением воды на два отделения; строительство канализационной насосной станции для подачи сточных вод на биологическую очистку; реконструкция аэротенков с делением на зоны денитрификации и нитрификации; вторичных отстойников с заменой технологического

оборудования; резервуара очищенной сточной воды; фильтров доочистки; контактного резервуара; иловых и песковой площадок.

Предполагается, что данные предложения помогут решить ряд проблем, которые присутствуют при очистке сточных вод на очистных сооружениях МУП «Домодедовский водоканал», а также будут выгодны с экономической точки зрения при дальнейшем использовании [2].

Предположительные технико-экономические показатели эксплуатации очистных сооружений после реконструкции представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Предполагаемые технико-экономические показатели эксплуатации очистных сооружений МУП «Домодедовский водоканал» мкр. Белые Столбы после реконструкции [3]

Наименование статьи расхода	Ед. измерения	Расход	Цена за ед., руб.	Итого стоимость, руб/год
Электроэнергия	кВт·ч	254,66	5,0	464 755
Сульфат алюминия и гипохлорит натрия	л/сут	175,06	29,5	1 051 262
Заработная плата сотрудников	руб/мес на 1 человека	5	25 000	1 500 000
Всего расходов:				3 016 017
Цена за м ³ очистки:	руб/м ³			2,582

МУП «Домодедовский водоканал» и его очистные сооружения являются важнейшими промышленными объектами, так как они обеспечивают забор загрязнённых сточных вод из жилых домов и сооружений сторонних водопотребителей, производят их очистку и снабжают чистой водой население местных населённых пунктов. Но данные очистные сооружения не в полной мере справляются со своими обязанностями, в связи с их изношенностью и устареванием оборудования, что может влечь за собой неблагоприятные последствия как для людей, проживающих в населённом пункте, так и для окружающей среды в целом.

Библиография:

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03 июня 2006 [Электронный ресурс] / Правовой Сервер КонсультантПлюс: Электрон.дан. – М.: Электр. Период. Издание, 1992-2021. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> (дата обращения: 10.02.2023)
2. Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С, А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В. Н. Самохина. Справочник проектировщика «Канализация населённых мест и промышленных предприятий» [Электронный ресурс]: Раздел 8. Сооружения доочистки сточных вод // Справочник проектировщика. 1981. URL: <https://vodalos.ru/spravochniki-stroitelya/spravochnik-proektirovshika> (дата обращения: 9.02.2023)
3. Отчёт по результатам аудита мкр. Белые Столбы. 2020 (дата обращения: 10.02.2023)

Очистные сооружения: виды очистки сточных вод // vodproektstroy.ru: сайт водпроектстрой. 2021. URL: <https://vodproektstroy.ru/ochistnye-sooruzheniya/> (дата обращения: 10.02.2023) Вопросы дискуссионности о причинах изменения климата. Сидорская П.О.* (МГРИ, polina.sidor@mail.ru),

Аннотация

В настоящее время тема потепления климата является одной из ведущих. Она рассматривается чаще всего с позиции последствий деятельности человека на окружающую среду. Но действительно ли это так? В данной работе проводится анализ исследований последних лет о причинах изменения климата. В работе отмечается, что существуют два противоречивых, оппозиционных мнения относительно вопроса касающегося причин потепления климата и таяния ледников. Одни утверждают [например, 1], что человек напрямую повлиял на климат планеты. Промышленная революция, выбросы парниковых газов и т.д. имеют неизгладимое влияние на экосистему планеты Земля. Другие же напротив [например, 2-3] считают, что причиной всему являются естественные, космические явления, влияние которых человек никак не может контролировать. Но в одном эти противоборствующие фракции согласны – потепление есть, CO₂ в атмосфере увеличивается и ледники тают. Но именно причинность этого явления остается до сих пор предметом дискуссий.

Ключевые слова

Изменение климата, парниковые газы, прецессия Земли, инсоляция, ледники, Мировой океан

Теория

После окончания активной фазы промышленной революции в XX в. люди все чаще начали замечать, что климат меняется. На саммите Земли в 1992 г. человечество приняло Рамочную конвенцию ООН об изменении климата. Так, большая часть людей согласилась с мнением о том, что глобальное потепление климата, вызванное человеческой деятельностью, наносит вред всей окружающей среде, в том числе ледникам. Было признано, что таяние ледников несет для человечества угрозу. Во-первых, при таянии ледников Антарктиды, повышается уровень Мирового океана, и как следствие ведет к подтоплению городов. Во-вторых, исчерпание пресных вод, содержащихся в ледниках. Исходя из этого, мы будем терять не только драгоценную пресную воду, но она также будет попадать в океан, тем самым опресняя его, что может привести к гибели морских экосистем. В-третьих, при таянии ледников в окружающую среду высвобождаются множество бактерий и газов, которые были запечатаны во льдах на тысячелетия. Пока мы не располагаем свидетельствами, что современные лекарства смогут помочь с древними штаммами бактерий.

Как утверждал сам академик Ю. А. Израэль: «изменения климата очевидны, но наука пока что не в состоянии определить их причины» и «не существует доказанной связи между деятельностью людей и глобальным потеплением». Тем не менее, многие исследователи, эксперты (например, МГЭИК) называют в качестве основного фактора наблюдаемого потепления глобального климата увеличение содержания CO₂, связанного

с деятельностью человека. Рассчитанные на основе климатических моделей прогнозы изменения климата ориентированы на предполагаемые сценарии выбросов CO_2 [5]. Эти представления составляют основу Парижских соглашений по климату и Климатической доктрины РФ [3].

Данную точку зрения подтверждают Гомонов К.Г., Осокина К.А., Сорокин Л.В. утверждающие в своей работе, что потепление климата в первую очередь связано с техногенной деятельностью людей в XX в. Изменение климата, вызванное индустриальным развитием человечества, за прошедшие 100 лет происходит слишком быстро, и современное общество уже не может игнорировать эту проблему [1].

Основной причиной, по которой климат меняется, становится теплее, ученые называют увеличение концентрации CO_2 , однако существуют работы, опровергающие этот факт. Так в работе В.М. Фёдорова, В.Н. Голубева и Д.М. Фролова, основной причиной глобального потепления климата называется вековая тенденция уменьшения наклона оси вращения Земли в результате прецессии, которая влечет за собой усиление широтной контрастности и сглаживанию сезонных различий в инсоляции Земли, поэтому сейчас наблюдается увеличение солнечной радиации в экваториальных широтах, а в полярных – уменьшение. В своей работе указанные авторы установили связь между изменениями CO_2 , инсоляционной контрастностью и углом наклона оси вращения Земли. По рассчитанному прогнозу (рис. 1) увеличение содержания CO_2 в 2050 г. относительно 2015 г. составит 65,5 ppm.

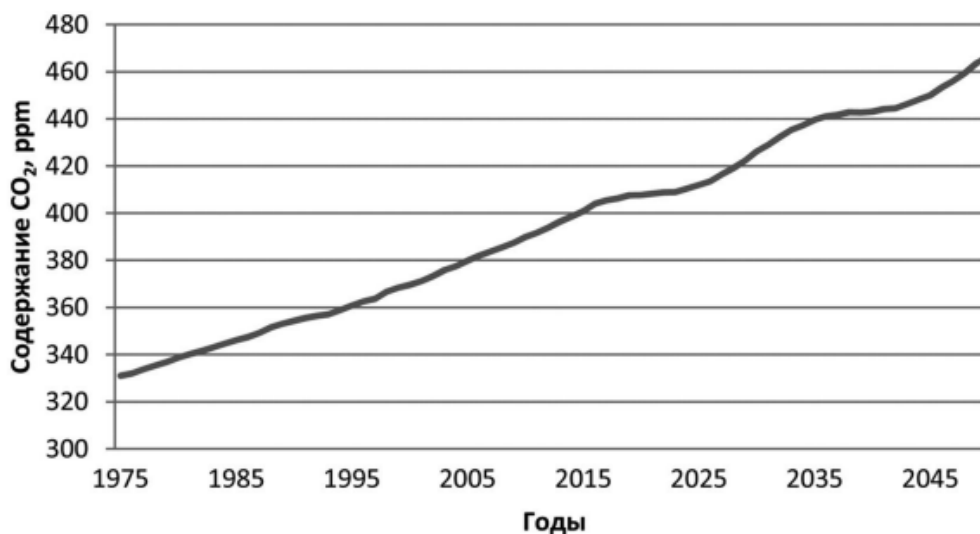


Рисунок 1. Многолетняя изменчивость содержания CO_2 по данным [4] (с 1975 по 2015 гг.) и прогнозируемым (с 2016 по 2050 гг.) значениям [3].

Таким образом, ожидаемое увеличение содержания CO_2 составит около 16,3 % независимо от усилий стран участниц Парижского соглашения по климату. Они сделали вывод, что менее 1 % CO_2 в атмосфере имеет антропогенное происхождение, в то время как многолетняя изменчивость почти 99 % содержащегося в атмосфере CO_2 регулируется многолетней изменчивостью инсоляционной контрастностью. Следовательно, полученный по регрессионной модели прогноз содержания CO_2 по своей определённости принципиально отличается от предполагаемых сценарных прогнозов МГЭИК [5].

Выводы

Проведя разбор различных исследований, можно прийти к выводу, что основной причиной изменения климата являются космические процессы, а влияние человека на планету Земля, как на глобальную экосистему минимальны. Стоит разграничить мнение ряда специалистов о локальном и глобальном влияниях человека на планету.

Утверждать, что человек не имеет вообще никакого влияния бессмысленно, ведь каждое живое существо хоть как-то, но влияет на этом мире. Здесь уместно вспомнить закон Б. Коммонера – «все связано во всем». Проблема лишь в том, что человек понимает свою ответственность перед собой и будущими поколениями, и стремится улучшить жизнь. И то, как он это делает не всегда можно назвать рациональным. Создание международных конвенций, подписание договоров об уменьшении влияния человека на глобальную экосистему действительно улучшают жизнь людей, живущих в областях природных бедствий, но человек не способен влиять на глобальные процессы, лишь улучшив жизнь самому себе, посредством уменьшения выбросов, влияющих на здоровье людей.

Библиография

1. Гомонов К.Г., Осокина К.А., Сорокин Л.В.: Экономические последствия от изменения уровня мирового океана для прибрежной инфраструктуры : Российский университет дружбы народов
2. Жеребцов Г. А., Коваленко В. А., Молодых С. И., Рубцова О. А. : Закономерности климатических изменений в XX в. и основные физические процессы, ответственные за эти изменения УДК 551.58:551.590.21: Серия «Науки о Земле» 2011. Т. 4, № 1. С. 87–108/ Онлайн-доступ к журналу: <http://isu.ru/izvestia>
3. Фёдоров В.М., Голубев В.Н., Фролов Д.М. Многолетняя изменчивость инсоляции земли и содержания двуокси углерода в атмосфере УДК 551.583, 551.521 : Жизнь Земли 2018, том 40, № 1
4. Global Monitoring Laboratory Earth System Research Laboratories [электронный ресурс] // Официальный сайт Национального управления США по исследованиям океана и атмосферы : URL: <http://www.esrl.noaa.gov> (дата обращения 15.02.2023)
5. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [электронный ресурс] // Официальный сайт Международной группы экспертов по изменению климата : URL: <http://www.ipcc.ch/> (дата обращения 15.02.2023)

Природно-техногенные процессы в зоне Алабяно-Балтийского тоннеля. Смирнов И.Н. (ФГБОУ ВО Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет», don5igor@yandex.ru).

Аннотация

Алабяно-Балтийский тоннель (Балтийский тоннель) — автомобильный тоннель, расположенный в г. Москве, который соединяет районы Сокол, Аэропорт и Коптево. Тоннель пролегает через Балтийскую улицу, связывая между собой улицы Алабяна и Большую Академическую. Тоннель является одной из частей Северо-Западной хорды.

Строительство тоннеля велось в непростых инженерно-геологических условиях, одним из важных факторов, влияющих на строительство тоннеля, была необходимость учета активности опасных природно-техногенных процессов. Несмотря на использование защитных мер, опасное влияние данных процессов остается до сих пор, оказывая воздействие не только на сам тоннель, но и также на окружающие его объекты.

Ключевые слова

природно-техногенный процесс, подтопление, механическая суффозия, осадка и деформация зданий.

Теория

Общая длина Алабяно-Балтийского тоннеля составляет 1935 м, протяженность его закрытой части — 1565 м, максимальная глубина — 22,5 м. Строительство происходило в условиях плотной городской застройки и осуществлялось преимущественно открытым способом. Жилые здания располагались на расстоянии 10-20 м от краев котлована [4].

Территория, на которой построен тоннель, характеризуется достаточно сложными инженерно-геологическими условиями. Согласно проведенным инженерно-геологическим изысканиям до глубины 22,5 м залегают переслаивающиеся пески, супеси и суглинки разных генезиса и возраста, плотности и прочности: к ним относятся современные техногенные и аллювиальные разнородные рыхлые водонасыщенные пески долины р. Таракановки и верхнелепесточные песчаные отложения средней плотности 3-й надпойменной террасы р. Москвы.

Прокладка тоннеля происходила под Замоскворецкой линией метро, и что немало важно во время строительства поток движения поездов не останавливался. Другим осложнением в ходе работ, стал тот факт, что разрабатываемый грунт состоит из значительного количества пловунов. Пловун является достаточно устойчивой замкнутой системой, внутри которой под давлением находится грунт, размер песчинок менее 0,001 мм. При нарушении герметичности данной системы, происходит расплывание песчаной массы, что приводило к образованию значительного количества пустот, при проведении строительных работ.

Достаточно опасным природно-техногенным процессом в зоне Алабяно-Балтийского тоннеля является подтопление. Значительная часть территории находится в подтопленной зоне, в первую очередь это проявляется на северной и южной сторонах тоннеля. Опасность подтопления тоннеля вызвана, прежде всего, тем, что под ним проходит подземная р. Таракановка [3].

Подземный участок р. Таракановки проходит в непосредственной близости от Алабяно-Балтийского тоннеля, что привнесло значительные трудности при строительстве, а также при дальнейшей его эксплуатации, провоцируя проявление природно-техногенных процессов. Общая длина р. Таракановки составляет 7,8 км. Исток р. Таракановки начинается севернее бывшего Всехсвятского болота в районе расположения улицы Зои и Александра Космодемьянских, далее идет по пересечению с такими объектами как Рижское направление Московской железной дороги, Ленинградский проспект, затем улица Песчаная, и Песчаный переулок [2].

Во время строительства тоннеля было принято решение совместить процесс постройки тоннеля с работами по очистке реки. Сейчас р. Таракановка заключена в новый бетонный коллектор, что значительно облегчило ход дальнейших работ. Однако проблему проявления подтоплений это не решило. В 2011 г. проходка тоннеля, проходившая в самой его глубокой части под Ленинградским проспектом, остановилась из-за неожиданного прорыва подземных вод, вследствие чего значительная часть данного участка тоннеля была затоплена. К середине 2011 г. уровни в пьезометрах в районе строительства за счет водопонижения были снижены до отметок 144,0-145,0 м. В 2012 г. при завершении строительства и откачке воды наблюдался подъем уровня подземных вод до 4-7 м (147-150 м). Размеры депрессионной воронки в плане достигали 2 км. По мере продвижения строительства тоннеля на участке ул. Алабяна и, соответственно, откачек воды по Балтийской улице – форма депрессионной воронки изменялась

Одним из наиболее опасных процессов, проявляемых на данной территории, является техногенная механическая суффозия. Проявление суффозии происходит с образованием провалов, в особенности в весенний период, когда происходит размывание оттаивающих пород, и в другое время года – при авариях коммуникаций, а так же при динамическом воздействии на грунты. Предрасположенность к суффозии на данном участке объясняется коэффициентами фильтрации песчаных пород, которые находятся в пределах от 0,1 до 5 м/сут. Согласно проводимым на территории тоннеля инженерно-геологическим исследованиям, было выявлено наличие локальных зон суффозионных разуплотнений, располагающихся под днищем тоннеля глубиной до 3 м за его обделкой, проходящих под улично-дорожной сетью и в основании окружающей застройки. Это в определенной мере связано с формированием на этом участке вторичных техногенных геологических тел [5]. Разуплотнение грунтов привело к тому, что под днищем тоннеля стали образовываться трещины в бетонных плитах проезжей части.

Алабяно-Балтийский тоннель оказывает значительное влияние на расположенные в непосредственной близости от него здания, а также на элементы дорожно-транспортной сети. На участке автотрассы, расположенной рядом с исследуемым объектом, можно обнаружить значительную трещину (рисунок 1), которая предположительно имеет продолжение уже на территории самого тоннеля [3].



Рисунок 1. *Трещина на автостраде рядом с Алабяно-Балтийским тоннелем*

Согласно результатам обследований близлежащих зданий, расположенных вдоль Алабяно-Балтийского тоннеля, было установлено, что как минимум у 12 из них имеется проявление осадки. При этом, чем ближе здание расположено по направлению к тоннелю, тем больше у него проявляется осадка.

Как минимум у 7 зданий этот показатель превышают предельно-допустимые значения относительной разности осадок. А у 2 зданий, имеются силовые трещины (рисунок 2), и их общее техническое состояние находится близко к аварийному. Согласно жалобам местных жителей, начальные стадии деформаций и появление трещин было зафиксировано ещё в период строительства Алабяно-Балтийского тоннеля и продолжается до сих пор [2].



Рисунок 2. *Трещина на доме по адресу ул. Балтийская д. 6*

Наиболее подверженными процессу осадки являются здания, построенные в 1930-х гг. Именно их состояние, в первую очередь, оценивается как аварийное. Состояние зданий, построенных в последующие десятилетия, оценивается как удовлетворительное.

Таким образом, при оценке влияния нового строительства в плотной городской застройке необходимо учитывать воздействие природно-техногенных процессов не только на сам объект, но также обращать внимание на то воздействие, какое будет оказываться в процессе его строительства и эксплуатации на окружающие объекты инфраструктуры.

Выводы

Для безопасной эксплуатации Алабяно-Балтийского тоннеля необходимо:

1. Производить регулярный ремонт водонепроницаемой обделки тоннеля, которая обеспечивает его защиту, в связи с невозможностью проведения отвода подземных вод.

2. Проводить регулярный мониторинг активности механической суффозии, которая имеет значительные проявления на участках тоннеля, и использовать методы гидрогеологического моделирования при прогнозе развития этих процессов.

3. Из-за опасности влияния на близлежащую застройку необходимо вести регулярный геотехнический мониторинг осадки зданий и их деформации, что является особенно важным, так как они находятся в аварийном состоянии.

Библиография

1. Большая российская энциклопедия / гл. ред. С.О. Шмидт; сост.: М.И. Андреев, В.М. Карев. М.: Энциклопедия, 1997. 976 с. ISBN 5-85270-277-3.
2. Жалнин А.К., Кучуков Э.З. Мониторинг зданий в зоне влияния Алабяно-Балтийского тоннеля // Инженерные изыскания в строительстве: материалы общерос. науч. конф. М.: изд-во Геомаркетинг, 2018. С. 183-190.
3. Ильичев В.А., Никифорова Н.А., Готман Ю.А. Обеспечение конструктивной безопасности объектов с подземной частью путем преобразования свойств грунтов (на примере Алабяно-Балтийского тоннеля в Москве) // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2017. № 2. С. 35-39.
4. Информация об объекте «Алабяно-Балтийский тоннель» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://stroi.mos.ru/press_releases/informaciya-ob-obekte-alabyano-baltiiskii-tonnel Дата обращения 07.10.2022
5. Суздалева А.Л. Вторая геология – наука о техногенных телах литосферы: монография. М.: РадиоСофт, 2022. 584 с.

*Разработка и широкомасштабное внедрение эффективной и экологически безопасной геотехнологии освоения крупного уранового района в криолитозоне.
Солодов И.Н. (АО «Атомредметзолото», INSolodov@armz.ru)*

Аннотация

Месторождения Витимского уранового рудного района по геологическому строению, гидрогеологическим, геокриологическим и геотехнологическим условиям залегания урановых руд не имеют аналогов среди промышленных типов гидрогенных месторождений урана, осваиваемых методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). За двадцатилетний период освоения этих месторождений разработан и внедрен комплекс технологий, позволяющий рентабельно отрабатывать урановые руды СПВ в суровых природно-климатических условиях и оставаться предприятию АО «Хиагда» конкурентным среди 27 действующих в мире рудников СПВ. Работа выставлена на конкурс соискания премии Правительства РФ в области науки и техники в 2023 году.

Ключевые слова

Урановый рудный район, месторождения урана, криолитозона, геотехнология, геоэкология.

Источники финансирования

Финансирование работ выполнено в рамках инвестиционных программ АО «Атомредметзолото».

Теория

Объект исследования Витимский урановый рудный район (ВУРР) расположен в Баунтовском Эвенкийском районе Республики Бурятия – самый крупный в России рудный объект (255 тыс. т запасов и прогнозных ресурсов урана) с месторождениями, пригодными для освоения малозатратным и экологически чистым методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) [1]. ВУРР включает 5 рудных узлов. Рудный район занимает 90% от ресурсов урана, осваиваемых методом СПВ в России. В настоящее время в отработке СПВ находятся 4 урановых месторождения Хиагдинского рудного поля (ХРП) (Центральный рудный узел) с промышленными запасами урана 47 тыс. т. и состоит из 8 месторождений (рис. 1).

Объект внедрения технологий – АО «Хиагда» - дочернее предприятие Горнорудного дивизиона (АО «Атомредметзолото») ГК «Росатом» с 2009 г. ведет промышленную отработку СПВ месторождений Хиагдинское, Вершинное, Источное и Количканское с запасами урана 23,7 тыс. т (рис.2).

АО «Хиагда» - единственное предприятие в мире из 27 действующих рудников СПВ, ведущее добычу урана в суровых климатических условиях в криолитозоне. Вдали от населенных пунктов (78 км от с. Романовка и 110 км от п. Багдарин) построены цеха переработки продуктивных растворов и производства серной кислоты, энергетический комплекс, проложены технологические дороги, сооружены электроподстанции и

электросети, оборудованы полигоны СПВ, сооружено около 2800 технологических скважин, построен вахтовый поселок (рис. 2).

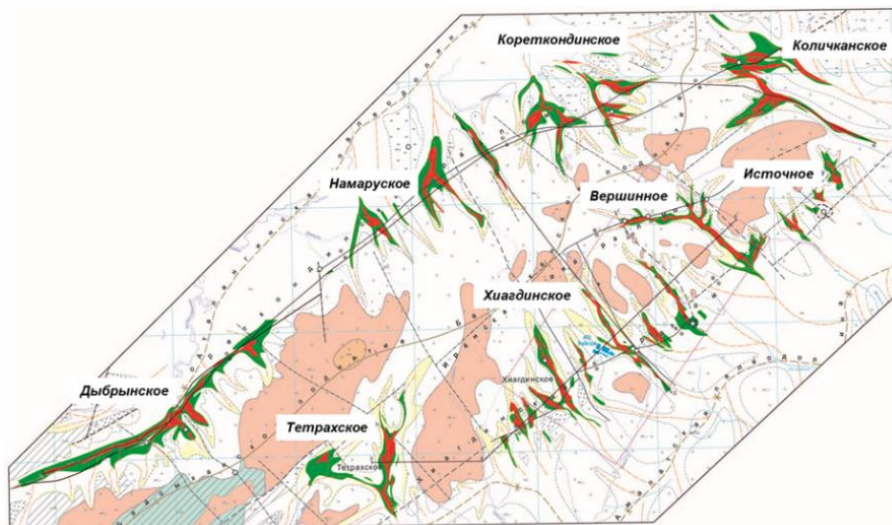


Рисунок 1. Рудные залежи урановых месторождений ХРП: красным цветом выделены кондиционные руды, зеленым - некондиционные.



Рисунок 2. Производственная инфраструктура АО «Хиагда».

Генетические особенности месторождений ВУРР – многолетняя мерзлота, базальтовый покров, углекислые подземные воды в рудоносных горизонтах, неравномерная обводненность урановых рудных залежей подземными водами, высокая восстановленность фосфатных минералов урана в рудах – обусловили необходимость разработки комплекса эффективных технологий, позволяющих АО «Хиагда» вести добычу урана СПВ в суровых климатических и геокриологических условиях и при этом оставаться конкурентным.

Результаты, выполненной работы:

1. Уточнен генезис и критерии поисков урановых месторождений витимского типа: доказан экзогенный эпигенетический генезис урановых месторождений; установлена высокая степень восстановленности рудовмещающей геологической среды, благоприятной для образования фосфатных урановых руд. Обоснован новый критерий нахождения урановых руд – пространственная связь углекислых гидрокарбонатно-магниевого подземных вод с урановыми рудами [2].

2. С помощью разработанных компьютерных программ для геотехнологических условий месторождений ХРП оптимизированы параметры регулярных сетей вскрытия рудных залежей технологическими скважинами [3]. Главный критерий оптимизации – минимальная производственная себестоимость. Для гексагональных схем вскрытия рудных залежей оптимальным является радиус 36 м, а для рядной системы расстояние между рядами скважин – 40 м.

3. Испытаны в промышленных условиях и внедрены нерегулярные сети вскрытия рудных залежей технологическими скважинами, доказавшие их эффективность для отработки рудных залежей с контрастным распределением содержания урана в рудах – разряженные сети в зонах распространения бедных и рядовых руд (продуктивность $<15 \text{ кг U/m}^2$) и более сгущенные в зонах распространения богатых руд (продуктивность $>15 \text{ кг U/m}^2$). При такой сети вскрытия бедные и богатые урановые руды обрабатываются почти одновременно [3].

4. Разработана и внедрена новая конструкция технологических скважин, повышающая их надежность при эксплуатации в криолитозоне [3]. Внедрена в промышленном масштабе универсальная конструкция откачных и закачных скважин, состоящая из морозостойких и ударопрочных обсадных труб из непластифицированного поливинилхлорида и вязкоупругие полимерные материалы для заколонной гидроизоляции.

5. Разработана и испытана в промышленных условиях технология снижения негативного влияния углекислых подземных вод на эффективность СПВ урана [2]. Углекислые подземные воды широко распространены в рудоносных водоносных горизонтах на месторождениях ХРП. Разработанный режим подачи серной кислоты на выщелачивание урана заметно снижает негативную роль пластовой и скважинной газовой и твердофазовой коагуляции. Контроль процесса осуществляется по содержанию HCO_3 в откачиваемых растворах.

6. Доказано лабораторными и натурными исследованиями, что в условиях высокой степени восстановления урана в рудах (содержание U(IV) от ΣU – 90-100%) и сероводородной «волны», возникающей при закислении рудоносного пласта, отработка урановых рудных залежей СПВ без искусственных окислителей – неэффективна [2-4].

7. Лабораторными и натурными экспериментальными испытаниями отходов различных производств, обладающих окислительными свойствами, и окислителей, выпускаемых химической промышленностью, научно обосновано применение в качестве окислителя на начальной стадии процесса СПВ пероксида водорода и на основной стадии СПВ нитрита натрия, что увеличивает темп отработки урановых рудных залежей до 3 раз [3].

8. Разработан и внедрен малозатратный комплекс методов и технических средств восстановления производительности технологических скважин, включающий

пневмосвабирование с химической обработкой и последующим удалением разрушенных кольматантов эрлифтной прокачкой [2].

9. Выполнена глубокая модернизация аппаратурно-методического комплекса (АИНК-49) для каротажа мгновенных нейтронов (КНД-М) с целью прямого определения содержания U в рудах для оценки исходных и остаточных запасов в специфической природной и техногенной радиологической обстановке: нарушение U-Ra радиоактивного равновесия в бессульфатных природных подземных водах; смещение Ra-Rn радиоактивного равновесия из-за восходящего из гранитного фундамента нерудного радона; смещение Ra-U радиоактивного равновесия в сторону радия в отработанных СПВ рудах. В результате уменьшен диаметр скважинного прибора с 60 до 49 мм, увеличен ресурс генератора нейтронов с 30 до 200 час., в состав прибора включен нейтрон-нейтронный определитель влажности горных пород для ввода поправки на влажность во время каротажа [5].

10. Разработаны и внедрены технологии, обеспечивающие полноту и качество освоения недр при СПВ [2]. Применение специально созданного компьютерного геотехнологического моделирования позволило исключить сверхнормативные потери урана в останцах и застойных гидродинамических зонах и снизить разубоживание урана в продуктивных растворах.

11. Теоретическими и натурными исследованиями доказана возможность управления ресурсами подземных вод для отработки слабообводненных рудных залежей [2]. Отработка таких залежей СПВ нерентабельна, а вывод их в забаланс приведет к уменьшению сырьевой базы предприятия на 34 тыс. т урана в ВУРР. Данная проблема решена разработкой технологии управления ресурсами подземных вод на основе геофильтрационной модели уранового месторождения.

12. Обоснована теоретическими и многолетними режимными наблюдениями экологическая безопасность СПВ урана [2, 3]. На примере месторождения Источное доказана надежная геофильтрационная и геохимическая защищенность подземных вод от локального источника загрязнения – линзы остаточных сернокислых растворов.

Выводы

1. Создан комплекс эффективных и экологически безопасных технологий скважинного подземного выщелачивания для отработки урановых месторождений витимского типа в криолитозоне.

2. Затраты на НИОКР и ТР в 2013-2022 годах составили 283 млн руб. Достигнутый экономический эффект от промышленного внедрения новых технологий - 793,3 млн. рублей. Расчетный эффект от внедрения технологии управления ресурсами подземных вод – 102 млн.руб.

Библиография

1. Машковцев Г.А., Константинов А.К., Мигута А.К., Шумилин М.В. Щеточкин В.Н. // Уран Российских недр. – М.: ВИМС, 2010. 850с
2. Добыча урана подземным выщелачиванием в криолитозоне / Под ред. И.Н.Солодова – М.: ZetaPrint, 2022 – 183 с.

3. Геотехнология урана (российский опыт): монография под ред. И.Н. Солодова, Е.Н.Камнева. – М.: «КДУ», «Университетская книга», 2017, 576 с.
4. Дойникова О.А. Минералогия урана восстановительной зоны гипергенеза (по данным электронной микроскопии). М.: Физматлит, 2013. 216 с.
5. Миносьянц А.Р., Солодов И.Н., Гурулев Е.А. Применение каротажа мгновенных нейтронов на разных стадиях освоения урановых месторождений методом СПВ // Разведка и охрана недр, 2019, №7. С. 22-30.

Пластиковое загрязнение вод Мирового океана на примере Черного моря. Спирина В.А. (РГГРУ, viktoriiia_spirina@bk.ru), научный консультант – Буфетова Марина Васильевна, к.г.н., доцент кафедры экологии и природопользования МГРИ*

Аннотация

Водные экосистемы, преимущественно морские, являются конечной точкой назначения мусора, особенно пластика. Повсеместное использование пластика обусловлено его практичностью, доступностью и востребованностью во всех сферах жизни. Однако в природе нет фермента, способного разложить этот материал. И пластик, вошедший в круговорот веществ, не имеет равномерного перераспределения вещества и энергии в пространстве, тем самым накапливается в больших количествах и негативно влияет на окружающую среду и живые организмы [4].

Ключевые слова

Пластиковое загрязнение, Черное море, микропластик, мониторинг мусора

Теория

В морской среде пластик рассматривается комплексно, включая во внимание нерастворимые в воде полимеры именно синтетические, искусственно созданные, указывая на принадлежность антропогенной природы. Характеристики и свойства этого материала различны. В мониторинговых исследованиях ключевыми показателями являются размер, происхождение, характер распространения и степень фрагментации.

В зависимости от размера пластик делится на следующие типы: макропластик (>25 мм), мезопластик (5–25 мм), микропластик (0,3–5 мм) [5]. Общепринятым считается лишь верхний размер микропластика – 5 мм. Вся остальная размерность в разной литературе варьируется в незначительных пределах.

Говоря о циркуляции вод, и распространении различных объектов в толще воды, стоит все же говорить не только о разном типе пластика, а в целом о морском мусоре – как о любом стойком, изготовленном или обработанном твердом материале, который брошен, утилизирован или оставлен в морской среде.

Одним из основных последствий негативного влияния пластика и его скоплений на окружающую среду является биообрастание и агрегация. К образующемуся субстрату прикрепляются организмы, и в ходе циркуляции воды, из одного места они перемещаются в другое, где уже являются нетипичными для окружающих их вод, то есть инвазивными. Виды-вселенцы, как их еще называют, могут часто конкурировать с местными видами за пищу и укрытие, уменьшая размер популяции местных видов до тех пор, пока они в итоге не будут полностью уничтожены [3].

Для минимизации негативных последствий морского мусора, информации о его распространении, количестве и качестве, производятся ряды мониторинговых исследований. Методы мониторинга мусора в морской среде разнообразны и определяются целями, задачами исследования, географическим положением территории

и возможностью оборудования, а также местом скопления мусора. Мусор может быть плавающий на поверхности воды, береговой (пляжный), подводный (лежащий на дне), речной (поступающий с водами рек) и пластиковый – в водной толще, в донных отложениях и в биоте.

В ходе работы анализировались данные скоплений морского мусора побережий Черного моря. Данные были взяты из приложения гражданской науки – Marine LitterWatch [2], которая была создана Европейским агентством по окружающей среде. Мониторинг пляжа производился по стандартизированному и самому распространенному методу – OSPAR (визуальный метод/ метод «невооруженного глаза»), где на выбранном участке производился визуальный осмотр прибрежной зоны и весь видимый мусор заносился в протокол в соответствии с классификацией или отбирался и анализировался уже в лаборатории [1].

A	B	C	D	E	F
BeachCode	SurveyCode	SurveyType	SurveyDate	Originator	Collator
1					
2	RUBS000001	RUBS000001_01	Monitoring	2016-10-07	
3	RUBS000003	RUBS000004_01	Monitoring	2017-08-20	
4	RUBS000002	RUBS000002_01	Monitoring	2017-10-10	
5	RUBS000004	RUBS000004_05	Monitoring	2020-08-09	
6	RUBS000005	RUBS000005_05	Monitoring	2020-08-16	
7	RUBS000004	RUBS000004_04	Monitoring	2020-11-01	
8	RUBS000005	RUBS000005_04	Monitoring	2020-11-01	
9	RUBS000004	RUBS000004_03	Monitoring	2021-01-15	
10	RUBS000005	RUBS000005_03	Monitoring	2021-01-15	
11	RUBS000004	RUBS000004_02	Monitoring	2021-04-03	

Рисунок 1-2. Аналитический этап работы

Так, в регионе Черного моря было проведено 13 мониторинговых сессий на 5 пляжах (Малый Ахун, Приморский, Сочи, Восток, Лоо) в период с 2016 по 2021 года методом OSPAR. По степени урбанизации пляжной зоны было выделено два вида пляжа: городской (густонаселенный район, 500 жителей/км², общая численность не менее 50 000 жителей) и пригородный пляж (100 жителей/км², прилегающий к густонаселенному району). Пляжи Малый Ахун и Восток отнесены к пригородным пляжам, Приморский, Сочи, Лоо – к городским.

Весь найденный мусор классифицировался на 8 основных категорий: пластик, одежда/ текстиль, стекло/ керамика, металл, бумага/ картон, обработанная древесина, резина и неопознанные предметы. В каждой категории были выделены еще подкатегории, каждой из которых был присвоен свой знак – Gx.

После получения автором доступа к данным, материал был внесен в приложение Excel и там классифицирован в соответствии с методикой (рис. 1-2). Прежде всего пляжам, на которых проводился мониторинг, был присвоен свой код и имя. Далее заполнялись такие ячейки, как: страна, дата заполнения, данные заполнителя, тип пляжа, параметры пляжи, координаты, застройка пляжи и др.

На пригородном пляже Малый Ахун наблюдения проводились 15 июля 2021 года, 03 апреля 2021, 15 января 2021 и 01 ноября 2020, 09 августа 2020.

Преобладающей категорией мусора во все периоды года и на каждой мониторинговой сессии был пластик, в среднем составляющий 66,94% от всего мусора. Вторая преобладающая категория – металл, который в среднем составил 11,72% от найденного мусора. Также можно отметить, что с каждой мониторинговой сессией

увеличивалось количество пластика (с 65,8% до 76,4%), процент металла уменьшался (с 16,9% до 6%), а процентный показатель картона/бумаги оставался примерно неизменным (в среднем 7,7 %) (рис. 2).

На городском пляже Приморский наблюдения проводились 15 июля 2021 года, 03 апреля 2021, 15 января 2021 и 01 ноября 2020, 16 августа 2020. Разбор мусора по основным восьми категориям показал следующие результаты. Преобладающей категорией мусора на пляже Приморский также является пластик, в среднем составляющий 74, 96% и бумага/картон составляющие 15,99% от общего количества мусора, найденного на данном пляже за все мониторинговые сессии. Анализ подкатегорий показал преобладание таких типов как: G27 (окурки), G156 (бумажные фрагменты) (рис. 4).

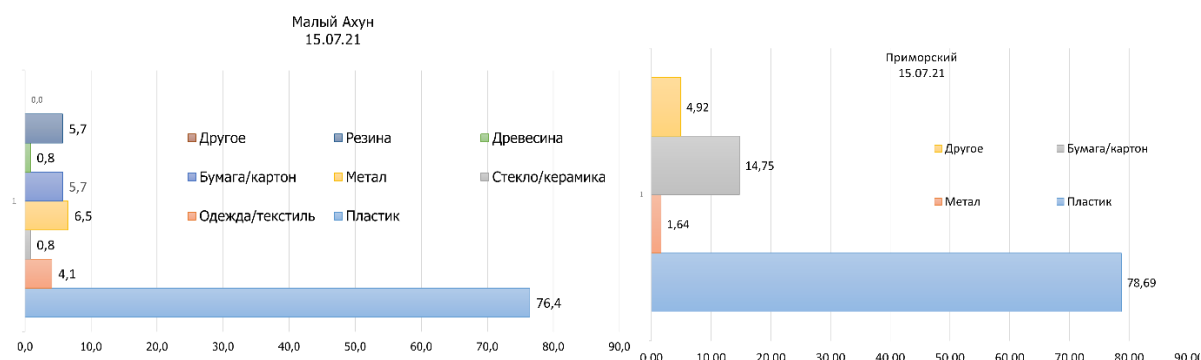


Рисунок 3-4. Графическое изображение полученных результатов мониторинговых сессий на пляжах Малый Ахун и Приморский за 15.07.21

Протяженность между пляжами составляет примерно 9 км. Океанографические характеристики не отличаются, но отличается тип пляжа.

Малый Ахун (пригородный) расположен рядом с железнодорожной дорогой и автомобильным шоссе, инфраструктура почти отсутствует. Такая близость линии железной дороги как раз может объяснять преобладание металлических предметов (в основном банок), а впадающая рядом река Агура может приносить бутылки. Общее количество мусора – 897 объектов.

Приморский (городской) пляж расположен в курортном месте, автомобильных и ж/д дорог рядом нет. На набережной расположено большое количество кафе. Преобладание окурков и бумажных фрагментов обуславливается большое проходимость на набережной и, видимо, использованием одноразовой бумажной посуды и раздачей разных флаеров/ программ/ новостных записок. Закономерностей распределения мусора от времени года и месяца выявлено не было.

Помимо этих двух пляжей также был проведен анализ пляжа Сочи, Лоо и Восток. Но количество проведенных сессий оказалось нерепрезентативным для анализа.

Выводы

Основным источником загрязнения является туризм для городских пляжей, а для пригородных – наземные свалки. В разных районах морской мусор имеет разную принадлежность и проводя мониторинговые сессии и последующий анализ данных, можно сделать вывод об источниках поступающего мусора и в дальнейшем предпринять меры для предотвращения этого поступления, а также минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и человека.

Библиография

1. Зобков М.Б. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов / М.Б. Зобков, Е.Е. Есюкова // *Океанология* . – 2018, том 58, №1, с. 149-157
2. Приложение Marine LitterWatch URL : <https://marinelitterwatch.discomap.eea.europa.eu/Home.html> (дата обращения: 17.11.2022)
3. Чубаренко И.П. Комплексные методы исследования микропластика в Мировом океане. – Калининград . URL: <https://ppt-online.org/604368> (дата обращения: 17.11.2022)
4. Haseler M, Balciunas A, Hauk R, Sabaliauskaite V, Chubarenko I, Ershova A and Schernewski G (2020) Marine Litter Pollution in Baltic Sea Beaches – Application of the Sand Rake Method. *Front. Environ. Sci.* 8:599978. doi: 10.3389/fenvs.2020.599978
5. Plastics – the Facts 2020 // PlasticsEurope, 2020. URL: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020/> (дата обращения: 17.11.2022)

Отходы водоотведения объектов ж/д инфраструктуры как вторичный материальный ресурс для производства строительной продукции. Сучков Д.В. (Санкт-Петербургский горный университет, suchkov_dv@pers.spmi.ru), Виноградова К.И. (Санкт-Петербургский горный университет), Дмитриева Д.В. (Санкт-Петербургский горный университет), Курганова С.М. (Санкт-Петербургский горный университет), Русских Е.А. (Санкт-Петербургский горный университет)*

Аннотация

Целью исследования является разработка наиболее экологически эффективной, доступной и экономически выгодной технологии по переработке, обезвреживанию и утилизации осадков сточных вод (ОСВ) локальных очистных сооружений объектов ж/д инфраструктуры. Предметом исследования являются потенциал использования технологии инсинерации для утилизации ОСВ, а также перспективы применения получаемой золы сжигания ОСВ для производства строительных материалов. Предлагаемое комплексное техническое решение позволяет использовать термические обработанные отходы, образующиеся на объектах ж/д инфраструктуры, для производства нового строительного материала – легкого золобетона.

Ключевые слова

Водоотведение, железнодорожная инфраструктура, зола сжигания осадков сточных вод, золобетон, строительные материалы, термически обработанные отходы

Финансирование

Исследование поддержано грантами Правительства Санкт-Петербурга за 2020 и 2021 гг.

Теория

Являясь экологически ориентированной компанией, ОАО «РЖД» уделяет большое внимание снижению техногенного воздействия на окружающую среду, что подтверждает «Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2017 года и на перспективу до 2030 года». В настоящее время более 3 тысяч предприятий-филиалов ОАО «РЖД» являются природопользователями, рассредоточенными по всей территории России: локомотивные и вагонные депо, железнодорожные станции и т. д. В число главных экологических целей компании входит снижение сброса загрязненных сточных вод на 18% к 2025 г. (по сравнению с 2018 г.). Это достигается за счет строительства и реконструкции сооружений по очистке сточных вод. Зачастую очистные сооружения ОАО «РЖД» обслуживают не только объекты ж/д инфраструктуры, но также и населенные пункты, на территории которых располагаются. С учетом темпов роста производства и потребления, вопросы утилизации осадков, образующихся при очистке сточных вод, становятся как никогда актуальными. Тем временем, еще одной из целей экологической политики ОАО «РЖД» является увеличение доли обезвреживания и вовлечения отходов производства и потребления во вторичный оборот.

Одним из перспективных способов утилизации осадков сточных вод (ОСВ) является сжигание, позволяющее снизить объем отхода до 10 раз с образованием золы. За счет большей инертности и меньшей реакционной способности, зола имеет более широкую область применения в качестве вторичного ресурса. Примерами успешного использования ОАО «РЖД» технологии сжигания отходов являются комплексы термического обезвреживания отходов в Ярославской и Иркутской областях. Подтверждением эффективности применения технологии инсинерации для утилизации ОСВ является деятельность ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», где внедрение сжигания ОСВ позволило добиться его полной утилизации [2]. Тем временем, рост спроса на строительные материалы требует поиска альтернатив их получения, в том числе – из термически обработанных отходов [3, 4]. О возможности применения термически обработанных отходов в строительстве упоминается и в информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами».

Возможность использования технологии термической утилизации осадка сточных вод с дальнейшим применением золы в составе строительных материалов обосновано результатами лабораторных исследований состава и свойств как исходного осадка, так и получаемой золы. Материал для исследований – осадок сточных вод предоставлен очистными сооружениями станции Будогощь Волховстроевского региона Октябрьской железной дороги. Проведенные исследования ОСВ позволяют предварительно подтвердить возможность использования технологии сжигания для утилизации отхода, а также соответствие установленных характеристик ОСВ аналогичным показателям твердого топлива. В частности, показатель удельной теплоты сгорания составил 18 МДж/кг. Подтверждено, что ОСВ в перспективе может являться топливом, аналогичным по теплотворной способности каменному или бурому углю. По данной характеристике ОСВ превосходит даже торф. Важно отметить, что последствием высокой исходной влажности (89%) является увеличение количества отхода, а также уменьшение теплоты сгорания. Поэтому одним из важнейших этапов подготовки ОСВ к сжиганию должна являться его сушка до влажности не более 60–75%. На основании данных экспериментального озоления установлено, что выход зольного остатка составит порядка 300 кг с 1 т ОСВ. Тем самым также подтвержден установленный показатель зольности ОСВ ~30%. Как ОСВ, так и зола его сжигания отнесены к IV классу опасности на основе данных о качественном и количественном составе, полученных при помощи рентгенофлуоресцентного анализа и методом атомно-абсорбционной спектроскопии, что подтверждено результатами биотестирования.

В рамках данной работы был выбран способ получения золобетона, в котором зола используется в качестве замены части цемента. Как компонент бетонной смеси, зола должна соответствовать ряду требований, установленных нормативной документацией. Полученные в ходе дальнейших лабораторных исследований данные позволяют подтвердить, что зола сжигания ОСВ соответствует требованиям к химическому составу для основных зол-компонентов бетона (по содержанию и соотношению концентраций [масс.%] компонентов Al_2O_3 , CaO , SiO_2 , SO_3 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O) (согласно *ГОСТ 31108-2003*, *ГОСТ 25818-2017*). Кроме того, зола ОСВ входит в допустимый диапазон значений влажности, плотности и других характеристик [1]. Применение золы обосновано, если при проведении дальнейших испытаний золобетонной смеси будут обеспечиваться требуемые физико-механические показатели бетона. Для определения прочностных характеристик золобетонной смеси были изготовлены образцы из цементного раствора.

В образцах, кроме контрольного, часть цемента была заменена золой в количестве от 5 до 50%. Испытание прочности образцов-балочек из цементного теста (в возрасте 28 суток) при изгибе и при сжатии выполнено с использованием испытательной машины на сжатие и растяжение при изгибе ToniPRAХ (Германия). По результатам испытаний образцам золобетона присвоены класс или марка по следующим параметрам: плотность (марка D), прочность на изгиб (класс Btb) и на сжатие (класс B, марка M). Исследование подтвердило, что замена золой до 10% цемента по массе в составе цементно-песчаной смеси позволит производить золобетон по параметрам не ниже стандартного легкого бетона, маркированного как D1300 (плотность не ниже 1,3 г/см³) Btb2 (прочность на изгиб не менее 2 МПа) M200/B15 (прочность на сжатие не менее 15 МПа) (согласно ГОСТ 25820-2014).

Обзор технических решений малогабаритных инсинерационных установок отечественного производства подтверждает возможность эффективного сжигания ОСВ без вреда окружающей среде (сжигание осуществляется при температуре не менее 800 °С, установки также оборудованы камерой дожигания отходящих газов для предотвращения образования диоксинов). Для производства бетонных блоков методом вибропрессования предлагается использование готового комплекса российского производства. Линия производства может быть размещена непосредственно на территории предприятия-филиала ОАО «РЖД» – образователя термически обработанных отходов. При этом получаемая продукция на основе золы может быть использована непосредственно для нужд ближайших объектов железнодорожной инфраструктуры. Возможно дооснащение вибропрессующего комплекса инсинератором (малогабаритной установкой для сжигания отходов), что позволит разместить линию производства на объектах, где образуются отходы, доступные для термического обезвреживания – ж/д станции, оснащенные локальными очистными сооружениями. Также возможно мобильное исполнение комплекса и/или инсинераторной установки, что отвечает особенностям инфраструктуры ОАО «РЖД». В общем виде схема переработки отходов ж/д инфраструктуры представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема переработки отходов объектов ж/д инфраструктуры с получением новой продукции

Выводы

Стройматериал на основе золы может быть использован для получения различных бетонных изделий, в том числе: строительных блоков для производственных и энергетических зданий, элементов благоустройства, например, тротуарной плитки и бордюрных блоков; элементов ж/д инфраструктуры: панели ограждения, столбы километровые, столбики пикетные, розетки для пикетных столбов и т. д. Сырьевая смесь для производства легкого золобетона, равно как и продукция на ее основе могут быть успешно реализованы организациям-застройщикам, дорожным строителям, компаниям, занимающимся благоустройством промышленных и городских территорий, а также иным организациям, заинтересованным в бетонной продукции – например, предприятиям-филиалам ОАО «РЖД».

Организация производства на территории объекта-отходообразователя позволяет свести к минимуму логистические издержки. Использование получаемой продукции для нужд объектов ОАО «РЖД» позволит компании выйти на самообеспечение строительными материалами и снизить необходимость обращения к сторонним поставщикам. Полезная утилизация отходов позволит предотвратить направление отходов на размещение, тем самым избавляя компанию от платы на негативное воздействие на окружающую среду и от транспортных издержек, связанных с вывозом отходов. Все это повышает конкурентоспособность как продукции, так и технологического решения.

По итогам научного исследования получен патент на изобретение РФ № 2738072 от 13.05.2020 «Сырьевая смесь для производства легкого золобетона».

Библиография

1. Данилович И.Ю., Сканави Н.А. Использование топливных шлаков и зол для производства строительных материалов. – М.: Высшая школа, 1988. – 72 с.
2. Рублевская О.Н., Васильев Б.В., Протасовский Е.М., Петров С.В. Обработка и утилизация осадков сточных вод на очистных сооружениях Санкт-Петербурга: опыт и перспективы // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – №10. – С. 47-51.
3. Baeza-Brotons F., Payá J., Galao O. et al. Concrete for Precast Blocks: Binary and Ternary Combination of Sewage Sludge Ash with Diverse Mineral Residue // Materials. – 2020. – Vol. 13(20). – P. 1-19. DOI:10.3390/ma13204634
4. Saphongxay K., Tuakta C., Jongprateep O. Industrial wastewater sludge as potential filler materials for fabrication of lightweight concrete blocks // Suranaree Journal of Science & Technology. – 2022. – Vol. 29. – №. 2. – P. 1-8.

Анализ активизации грязевого вулкана Локбатан в 2022 году на программе SeisComp5. Тяхлятли Н.Э. (Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАНА, ntehletli@gmail.com), соавтор Шихалиева М.Ш. (Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАНА), msixaliyeva@bk.ru) соавтор Мусаева Г.Э. (Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАНА, musayeva.gultekin@inbox.ru)*

Аннотация

Последнее извержение произошло 11 августа 2022 г. в 05:36:47. Извержение сопровождалось выбросами газа и вулканической глины. Извержение было зафиксировано на 9 цифровых сейсмических станциях. Глубина извержения составила $H=3$ км, магнитуда $M_l=1,4$, продолжительность извержения 5 минут 12 секунд. В 2022 году со стороны РЦСС вокруг активных грязевых вулканов была создана сеть мониторинга за динамикой и активностью грязевых вулканов. Благодаря данной сети было изучено общее количество активаций на сеймостанциях (0-13 часов), а также количество активаций до и после основного извержения (до 11:00).

Построен график зависимости от расстояния количества активаций, зарегистрированных каждой станцией в 13:00, максимальное количество вулканических активаций или фаз зафиксировано на станции Азимкенд (30 км к юго-западу) ($N=61$). Возможно, увеличение числа активаций на этой станции связано не с вулканом Локбатан, а с активизацией (или активностью) вулканов Торагай и Отманбоздаг, расположенных в 9 км и 13 км от этой станции. Большое количество фаз активизации зарегистрировано также на станции Мехдибад, расположенной в 24 км к северо-востоку от вулкана Локбатан ($N=45$). Это связано не только с активностью вулкана Локбатан, но и с активизацией вулкана Кейраки, который находится в 10 км от станции рядом с этой станцией Мехдибад. Эти анализы могут дать информацию не только о Локбатане, но и о других близлежащих вулканах.

Ключевые слова

Грязевой вулкан Локбатан, извержение, цифровые сейсмические станции, вулканическая активизация.

Источники финансирования

Данные полученные на 22 новых цифровых сейсмических станциях были установлены в 2022 г. в рамках проекта «Расширение сейсмической сети на Кавказе и в Центральной Азии».

Теория

Азербайджан известен как уникальный и классический регион развития грязевых вулканов на земле. Из более чем 2000 грязевых вулканов в мире 365 находится на территории Азербайджана [1, 2]. Грязевые вулканы расположены на востоке Азербайджана и в приграничной акватории Каспийского моря, поэтому Азербайджан называют родиной грязевых вулканов.

В пределах Азербайджана грязевулканические проявления широко распространены в Каспийско-Губинской, Шамахи-Гобустанской, Куринской, Абшеронской областях и на Бакинском архипелаге [3].

По своим геоморфологическим характеристикам Абшеронский район делится на 4 части: северо-западную, юго-западную, восточную и акваторию Каспийского моря. Юго-западная зона включает центральную и западную части Апшеронского полуострова. В этой зоне возвышаются конусы Локбатан, Гушхана, Топракли-Агтырма (Ахтарма) и другие грязевые вулканы [4].

Грязевой вулкан Локбатан – один из самых активных вулканов Абшерона расположенный в пределах одноименного поселка Локбатан в 12 км к юго-западу от Баку. Этот грязевой вулкан, являющийся мировым рекордсменом по количеству извержений, он извергается примерно каждые 3-10 лет. Первое извержение произошло в 1864 году, и до сих пор было зарегистрировано 26 мощных извержений.

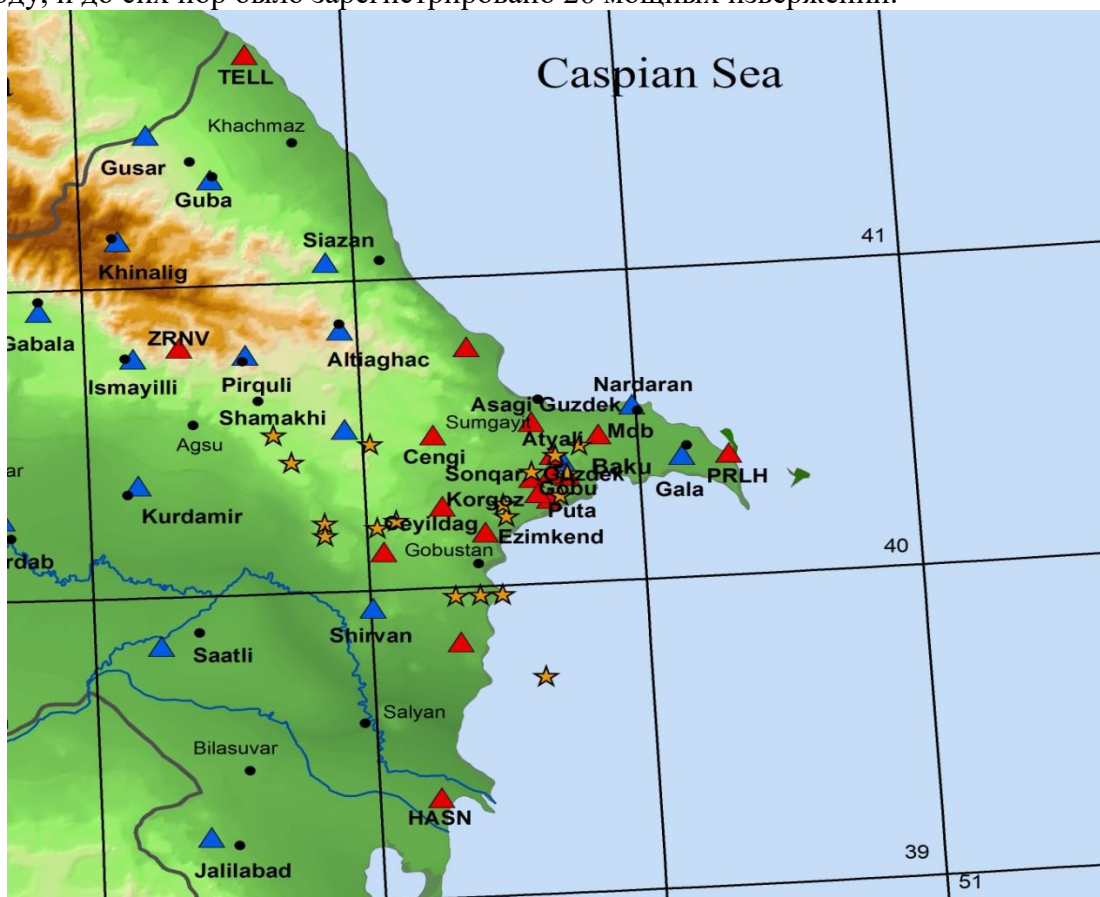


Рисунок 1. Сеть цифровых сейсмических станциях вулканического мониторинга

Выводы

Таким образом, было установлено, что анализ записи формы волны показывает, что вулкан Локбатан активизировался за несколько часов до основного извержения. Активизация была записана на 9 цифровых сейсмических станциях. Длительность извержения была установлена 5 мин, 12 сек. Чем дальше станция от вулкана, тем короче запись осциллограммы вулкана. Наблюдения показывают, что существует связь между сейсмической активностью и вулканической деятельностью.

Библиография

1. Алиев Ад.А. Каталог извержений грязевых вулканов Азербайджана (1810–2007 гг.) / Ад.А.Алиев, И.С.Гулиев, Р.Р.Рахманов – г. Баку: Nafta-Press, - 2009. – с.110

2. Алиев А.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р.
Атлас грязевых вулканов мира / - г. Баку, Nafta-Press, - 2015. - 322 с.
3. Алиев А.А., Каталог зафиксированных извержений грязевых вулканов (1810-2001 гг.) (на русск. и англ. языках) / А.А.Алиев, И.С.Гулиев, И.С.Белов - г. Баку: Nafta-Press, - 2002. – с. 94.
4. Годовой отчет за 2022 г. Республиканского Центра Сейсмологической Службы, РЦСС при НАНА, 110 с.

Изучение особенностей миграции радионуклидов из ураноносной зоны для создания радиоэкологических исследований при добыче урана. Тё В.С. (ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО», tv_98@mail.ru), Турсунметов Р.А. (ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО», tv_98@mail.ru)*

Аннотация

В статье изучены особенности миграции радионуклидов из ураноносной зоны для создания радиоэкологических исследований при добыче урана.

Ключевые слова

Радиоэкология, радионуклиды, миграция, пьезоуровень, субнапорные воды.

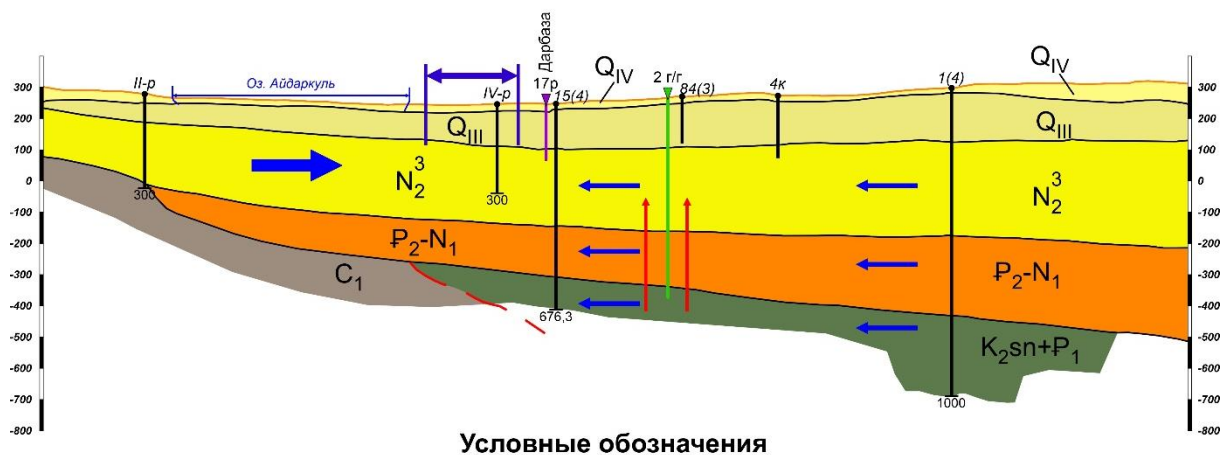
Теория

Актуальность работы заключается в том, что в пределах Центрального Кызылкума подземные воды с относительно низкой минерализации приурочены к сенонским и палеогеновым отложениям, которые используются в качестве технической воды в горнорудной промышленности. К этим же отложениям приурочены основные залежи урановых месторождений. Разработка же урановых месторождений способом подземного выщелачивания (СПВ) оказывает негативное влияние на качество подземных вод. В этом аспекте особый интерес представляет разработка методических основ мониторинга радиоэкологических исследований при добычи урана.

В последние годы в районе Арнасай, выявлен ряд ураноносных зон, граничащих с подземными водами, используемые для водоснабжения поселков. В связи с этим особый интерес представляет изучение особенностей миграции радионуклидов из ураноносной зоны по водоносным горизонтам. Исходя из этого на первый план выдвигается выяснение гидрогеологических условий, определяющих возможности миграции радионуклидов.

Рудоносная зона залегает в верхнемеловых отложениях (600-630м.), которые перекрыты палеогеновыми отложениями. Между этими горизонтами не всегда присутствуют отложения, которые должны служить водоупором. Это в свою очередь благоприятствует вертикальной миграции радиоактивных элементов. Минерализация подземных вод меняется от 2 до 3,9 г/л в рудоносной зоне, а в палеогеновых отложениях характеризуется более высокими значениями от 4,3 до 6 г/л. Выше этих водоносных горизонтов залегают подземные воды верхне-неогеновых отложений, отличающиеся относительно низкой минерализацией. Подземные воды верхнечетвертичных отложений, также характеризуются низкими значениями минерализации. Отличительной чертой верхне-неогеновых и верхнечетвертичных горизонтов то что они являются субнапорными. Пьезоуровень подземных вод южной части достигает несколько метров. Отметим, что водоносные горизонты южной части территории выклиниваются, и в результате образуется подпор подземных вод. С другой стороны, зона повышения пьезоуровня примыкает к искусственным озерам. Такое поведение пьезоуровня свидетельствует о частичной разгрузке подземных вод верхнечетвертичных отложений в озера. Выше всех описанных горизонтов залегают грунтовые воды

современных отложений, и они отличаются высокими значениями минерализации. Глубина залегания в районе рудной зоны превышает 5 м. тогда, как в южной части территории меньше 1 м и в полной мере разгружается в озеро (Рисунок 2).



Условные обозначения

- | | |
|--|--|
| Водоносный горизонт современных отложений (Сырдарьинский комплекс). Пески | Скважина (колодец) по данным Дарбазинской ГГП за 1979-83 гг. Сверху - номер на карте; Снизу - глубина в м. |
| Водоносный комплекс верхнечетвертичных отложений (Голодностепский комплекс). Пески, суглинки | Г/г скважина НПЦ "Геология урана и редких металлов" |
| Водоносный комплекс верхнеплиоценовых отложений. Пески, алевралиты | Г/г скважина II-Северо-Айдарской ГГП |
| Водоупорная толща эоцен-миоценовых отложений. Глины | Направление движения подземных вод |
| Водоносный комплекс сенонских и палеоценовых отложений. Известняки | Зона подпора фильтрационных потоков подземных вод |
| Водоносная зона трещиноватости нижне-каменноугольных пород. Сланцы | Зона вертикальной миграции радиоактивных геохимических элементов |
| Предполагаемый разлом | Зона повышенного пьезоуровня подземных вод |

Рисунок 2. Схематический гидрогеологический разрез. Масштаб: 1 : 200 00

С точки зрения миграции радионуклидов в озера представляет интерес результаты наблюдения за уровнем подземных вод по створу. За многолетний период наблюдений выявлено, что значения южной части гидравлического уклона всегда меньше значений северной части, что связано с подпором подземных вод, развитый в южной части. Это обстоятельство действует как сдерживающий фактор разгрузки подземных вод в озера.

Проводилось гидрогеохимическое опробование гидрогеологических скважин и скважин питьевого назначения. В питьевых подземных водах содержание достигает до 12 мкг/л, тогда как в водах рудной зоны 2,5 - 4 мкг/л. Данное поведение урана, по всей вероятности, связано с вертикальной миграцией радиоактивных элементов из рудной зоны, которые мигрирует по водоносным горизонтам.

Наличие вертикальной миграции радиоактивных элементов можно рассматривать на примере радоновой съемки и гамма-съемки [4]. Вблизи рудной зоны наблюдаем локальные аномалии значений концентрации радона и интенсивности гамма-активности, что указывает на наличие вертикальной миграции. Скважины в широтном направлении, находятся в зонах понижения рельефа, над которыми наблюдаем положительные аномалии гамма-активности и концентрации радона, что связано с накоплением радиоактивных элементов в верхней части разреза, которые, по всей вероятности, мигрировали из рудной зоны (Рисунок 3). В целом полученные результаты служат в качестве фоновых значений для дальнейших циклических наблюдений.

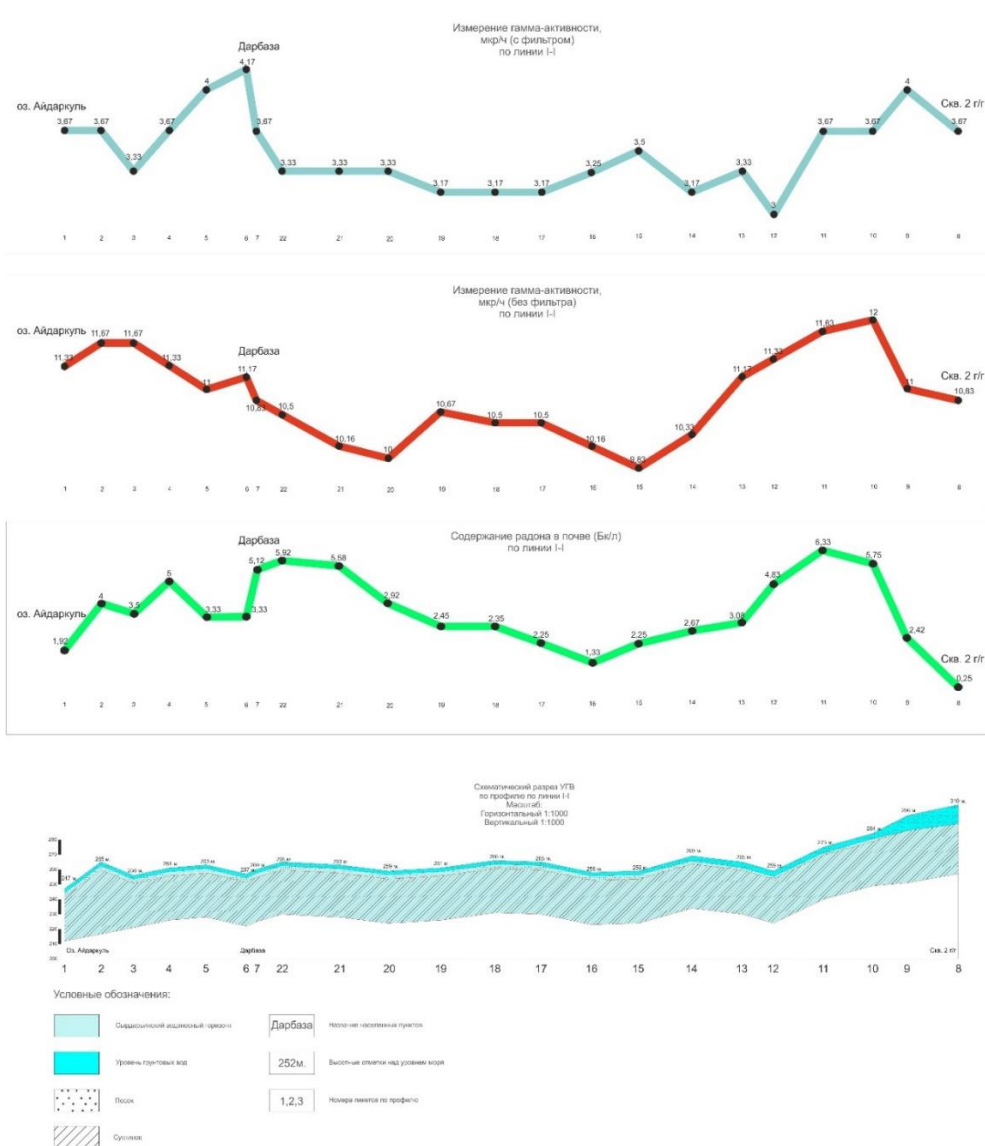


Рисунок 3. Схематический разрез и результаты проведения радоновой съемки и гамма-съемки.

Была выявлена корреляционная зависимость между ураном и сопровождающими геохимическими элементами [1]. Особое интерес представляет связь урана с кальцием и магнием, которые связаны с минералами содержащие редко-, редкоземельные элементы. Тесную корреляционную связь можно отметить с Sr, Ni – 0.96, Co – 0.95, Ag – 0.94, P, V – 0.89. В дальнейшем отмеченные элементы могут служить в качестве косвенного фактора загрязнения подземных вод радиоактивными элементами подземных вод. Кроме отмеченных элементов могут привлекаться макрокомпоненты Ca, Mg, Na. Корреляционная связь урана с кальцием и магнием составила 0,96 с натрием равна 0,88. Изотопы калия и кальция, а также натрия и магния в природных условиях тесно связаны. Превращение одного элемента в другой, связано с протонной, кластерной и нейтронной радиоактивностью [3]. Их можно рассматривать как результат воздействия радионуклидов. Следует отметить, что изотопы этих элементов являются долгоживущими и по мере воздействия радиоактивного излучения могут накапливаться в водоносном горизонте. В этом аспекте образование изотопов сопровождается

испусканием радиоактивного излучения [2]. Следовательно, потребуется детальное изучение поведения отмеченных макрокомпонентов при миграции радионуклидов в процессе добычи урана, т.к. качество подземных вод зависит от содержания указанных компонентов.

Выводы

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- наличие субнапорных водоносных горизонтов сдерживает, разгрузку подземных вод в озера;

- выклинивание водоносных горизонтов обусловили развитие подпора подземных вод с юга на север;

- даже при естественных условиях из ураноносной зоны наблюдается весьма слабая вертикальная миграция радиоактивных элементов и сопутствующих элементов;

- вертикальная миграция проявляется в поведении гамма-активности и в концентрации радона в почве;

- содержание урана четко коррелируется с отдельными тяжелыми металлами, а также с макрокомпонентами, которые служат в качестве косвенного фактора оценки загрязнения подземных вод;

В дальнейшем особый интерес представляет изучение поведения изотопного состава К и Са, Na и Mg и их взаимопревращения под воздействием радиоактивного излучения, т.к. они во многом определяют качество подземных вод. Для точного определения воздействия необходимо будет привлечь изучение активности радионуклидов, суммарная активность α -частиц и β -частиц. В тоже время интерес представляет изучение радионуклидов техногенного характера такие, как тритий (Т), углерод (С), криптон (Kr), стронций (Sr), технеций (Tc), йод (I), цезий (Cs), плутоний (Pu).

Библиография

1. Бекман И.Н. Ядерная индустрия и промышленная радиохимия: радиохимия том 4// Онтопринт/М: 2013.
2. Давыдов М. Г. и др. / Радиоэкология: учебник для вузов - Ростов н/Д : Феникс, 2013. - 635 с.
3. Ишханов Б.С. / Радиоактивность: учебное пособие. – Москва : Университетская книга, 2011. – 378 с.
4. Турсунметов Р.А., Оловов Х.Х., Жураев Ш.И. / Особенности формирования урановых месторождений гидрогенного типа и их поисковые значения // Труды Пятого Международного симпозиума «Уран: геология, ресурсы, производство». М.: ФГБУ «ВИМС», 2021, 274-286 с.

Содержание геоэкологии как междисциплинарной науки – новый взгляд и публикация. Трофимов В.Т. (МГУ имени М.В. Ломоносова, trofimov@rector.msu.ru), Харьковина М.А. (МГУ имени М.В. Ломоносова, kharkina@mail.ru)

Аннотация

Описаны теоретические основы геоэкологии как междисциплинарной науки, разработанные на базе концепции экологических функций абиотических сфер Земли, включающие представления о содержании, предмете, научной структуре, объекте геоэкологии. Охарактеризованы ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая функции абиотических сфер Земли, которые обеспечивают условия функционирования биоты, включая человеческое сообщество.

Ключевые слова

Экологические функции, абиотические сферы Земли, литосфера, атмосфера, гидросфера, педосфера, экосистема, биота.

Теория

1. Термин «геоэкология» был введен немецким географом К.Троллем взамен им же предложенного в 1939 г. термина «ландшафтная экология» для придания ландшафтоведению экологической направленности. К настоящему времени в геоэкологии сформировалось большое количество спорных позиций, отсутствие теоретических общепринятых положений и понятий. К числу важнейших по значению парадоксов геоэкологии отнесены: «многоликость» понимания содержания геоэкологии, многоликое понимание структуры геоэкологии как науки, отсутствие четко определенных, а главное, общепризнанных теоретических задач, неоднозначное отношение исследователей к необходимости изучения при геоэкологических работах влияния параметров абиотических сред на состояние биоты, различные взгляды на проблему изучения воздействия природных и антропогенных факторов на экосистемы, неразработанность вопроса о междисциплинарном характере геоэкологии как науки. Главной причиной существования этих парадоксов в геоэкологии является отсутствие теоретического базиса этой науки. Разработка теоретических обоснований геоэкологии как междисциплинарной науки на базе концепции экологических функций абиотических сфер Земли реализовано сотрудниками геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в монографии [1].

2. Геоэкология – междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли – экотопа экосистем, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием современных природных и антропогенных воздействий в связи с жизнью и деятельностью биоты, включая человека – биоценоза экосистемы [1]. Основными экологическими функциями абиотических сфер Земли являются ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая (рис. 1). Их содержание определяется следующим образом [4]:

– ресурсная экологическая функция абиотических сфер Земли определяет роль минеральных, органо-минеральных и органических твердых, жидких и газообразных

ресурсов литосферы, атмосферы, педосферы и поверхностной гидросферы, а также литосферного, атмосферного и гидросферного пространства для жизни и развития биоты в качестве как биогеоценоза, так и социальной структуры;

– геодинамическая экологическая функция абиотических сфер Земли отражает способность литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы влиять на условия жизни биоты, ее состояние, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления;



Рисунок 1. Назначение экологических функций абиотических сфер Земли

– геохимическая экологическая функция абиотических сфер Земли определяет свойства геохимических полей литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни и состояние биоты в целом, включая здоровье человека;

– геофизическая экологическая функция абиотических сфер Земли отражает свойства геофизических полей литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни биоты в целом, включая здоровье человека.

3. Объектом геоэкологии следует признать экосистемы различных иерархических уровней, экологические функции их абиотических сред – компонентов экотопа, сформированные природными процессами прошлых эпох и трансформированными современными природными и антропогенными воздействиями, обеспечивающими или осложняющими функционирование Живого – биоценоза экосистем. Структура экосистемы с учетом геологической составляющей представлена на рис. 2.

4. Научными разделами геоэкологии являются геоэкологическое ресурсоведение, геоэкологическая геодинамика, геоэкологическая геохимия и геоэкологическая геофизика.

Геоэкологическое ресурсоведение исследует современные морфологические особенности ресурсных экологических функций атмосферы, гидросферы, литосферы и педосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием современных природных и антропогенных воздействий и оценку влияния и роли их сырьевых и пространственных ресурсов на условия

функционирования биоты и жизнедеятельности социума. Акцент делается на оценку не только количества, но и качества ресурсов абиотических сфер Земли, их потребления

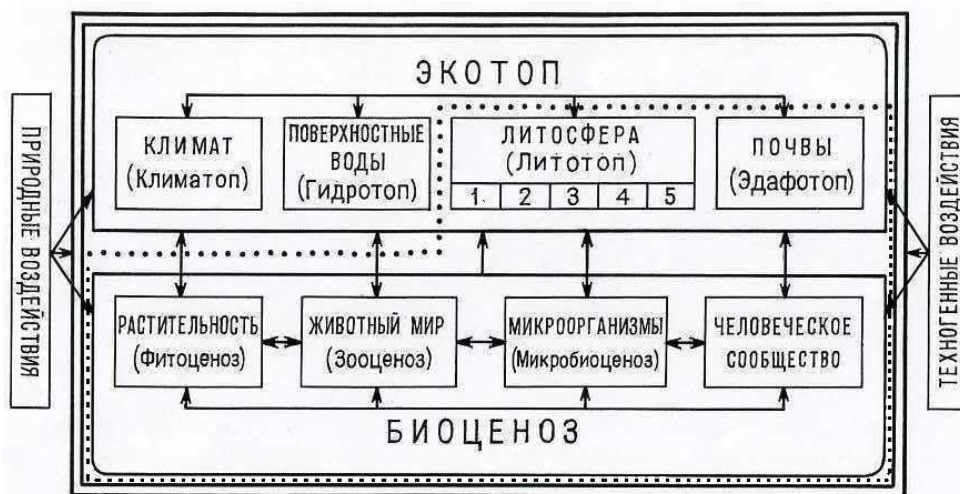


Рисунок 2. Структура экосистемы с учетом геологической составляющей [2]

1-5 – параметры литосферы: 1 – состав, состояние и рельеф геологического массива, 2 – подземные воды, 3 – геохимические поля, 4 – геофизические поля, 5 – современные эндо- и экзогенные процессы

и рационального использования с учетом экологических последствий, с учетом сохранения и нормального функционирования экосистем разных уровней организации. С экологических позиций должны оцениваться и пространственные ресурсы геосфер, включая ресурсы геологического пространства.

Эти исследования должны быть социально ориентированы, что подразумевает их тесную связь с социально-экономическими науками, а в практическом отношении – деловой контакт экологов с экономистами, социологами, представителями директивных органов и проектных институтов. К задачам этого раздела можно отнести оценку состояния минерально-сырьевых ресурсов с учетом развития современной цивилизации и геологическое обоснование предложений по регламентации их потребления.

Геоэкологическая геодинамика исследует морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи, связанные с изучением развития природных и антропогенных геологических, гидрологических, метеорологических и других процессов в соответствующих абиотических сферах Земли и их влиянием на биоту как с позиций оценки возможных бедствий и катастроф, так и комфортности ее проживания. (Последнее относится, как правило, к человеческому сообществу). Выполняемые исследования опираются на методы широкого круга наук и предусматривают контакт с проектировщиками. К основным задачам относятся: разработка методов оценки устойчивости абиотических сред к изменению ее геодинамических параметров под влиянием природных факторов и техногенеза с учетом экологических последствий; эколого-геологическое обоснование (в случае необходимости) инженерной защиты от опасных и катастрофических геологических и гидрометеорологических процессов (природных и антропогенных), влияющих на существование и комфортность проживания биоты и человеческого сообщества.

Геоэкологическая геохимия исследует морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи, связанные с изучением геохимических полей и их аномалий абиотических сфер Земли природного и техногенного происхождения и их влияния на биоту. Среди этих полей выделяются литогеохимические, гидрогеохимические, атмогеохимические, сноугеохимические, биогеохимические. Объектом исследований является вещественный химический состав абиотических сред, миграция подвижных соединений химических элементов, их аномальных концентраций и характер воздействия на биоту с использованием методов разных наук и данных медико-биологических оценок состояния биоты. В практическом аспекте такие исследования подразумевают тесное сотрудничество с медиками и санитарной службой, так как оценка аномалий должна проводиться с медико-санитарных позиций.

Геоэкологическая геофизика исследует морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи, связанные с изучением геофизических полей различных абиотических сред природного и техногенного происхождения, их отклонением от нормы и воздействием на биоту. Для этого привлекаются методы геофизики, физики Земли и атмосферы, сейсмо тектоники и других наук и данные медико-биологических дисциплин. Здесь также необходимо тесное сотрудничество с представителями медико-санитарной службы.

5. Изложенные положения позволяют с единых теоретических позиций подойти к анализу экологической роли всех абиотических сфер Земли, к разработке классификаций экологических функций каждой из них и сформировать новую структуру геоэкологии как действительно междисциплинарной науки.

Междисциплинарный подход к геоэкологии на базе концепции экологических функций абиотических сфер Земли нашел свое применение в практике инженерно-экологических изысканий. Каждая экологическая функция абиотических сфер Земли характеризуется большим количеством частных и комплексных свойств, изучение которых уже давно является обязательным при проведении инженерно-экологических изысканий и регламентированы в нормативно-техническом документе СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания. Общие правила производства работ». При выполнении инженерно-экологических изысканий на территории суши и (или) акватории для планируемой градостроительной деятельности изучению подлежат абиотические среды, включая атмосферу (11 % пунктов), поверхностную гидросферу (13 %), литосферу (более 40 %), педосферу (20 %), а также компоненты биосферы (10 %), охватывающие растительный и животный мир и социум [3].

Библиография

1. Теоретические основания геоэкологии как междисциплинарной науки. На базе концепции экологических функций абиотических сфер Земли. /Трофимов В.Т., Харькина М.А., Жигалин А.Д., Барабошкина Т.А., Королев В.А., Григорьева И.Ю., Шанина В.В. М.: Издательство Московского университета Москва, 2022, с. 717.
2. Трофимов В.Т. Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2009, №2. С.48-52.
3. Трофимов В. Т., Харькина М. А. Экосистемный подход в нормативно-техническом документе России СП 502.1325800.2021 Инженерно-экологические

изыскания для строительства. Общие правила производства работ // Инженерные изыскания. 2021. № 5-6. С. 42–49.

4. Трофимов В. Т., Харькина М. А., Барaboшкина Т.А., Жигалин А.Д. Экологические функции абиотических сфер Земли. М.: «КДУ», «Университетская книга», 2018. 608 с.

Оценки рисков формирования кислого стока геологических материалов золото-серебряных проявлений на основе АВА- и NAG-тестов. Филатова О.Р. (МГУ им. М.В.Ломоносова, orlova8313@yandex.ru), Лубкова Т.Н. (МГУ им. М.В.Ломоносова, tanya_lubkova@mail.ru), Яблонская Д.А. (МГУ им. М.В.Ломоносова, daria.yablonskaya@mail.com)*

Аннотация

Разработка сульфидных месторождений приводит к образованию отвалов вмещающих пород и бедных руд. Под действием факторов окружающей среды происходит окисление сульфидов, которое может провоцировать образование кислого стока со сверхнормативным содержанием токсичных элементов. Для оценки рисков развития процессов кислотного дренажа существуют стандартизованные геохимические тесты, наибольшее распространением из которых является определение кислотно-основного баланса геологических материалов. В работе оценены риски формирования кислых дренажных вод на примере малосульфидных золото-серебряных проявлений (Западная Чукотка). Проведенные исследования обосновывают необходимость выполнения тестов по экспериментальному окислению сульфидов для релевантной оценки рисков для окружающей среды.

Ключевые слова

Сульфидные месторождения, кислотный дренаж, кислотно-основной баланс геологических материалов

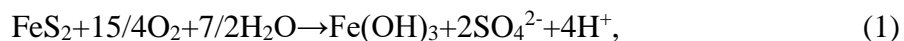
Источники финансирования

Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы «Развитие комплексных методов физической, прогнозно-поисковой и экологической геохимии»

Теория

Освоение сульфидных месторождений приводит к формированию значительных по объему отвалов вмещающих пород и забалансовых руд, которые окисляются под воздействием кислорода и атмосферных осадков, что может приводить к формированию кислых высокометалльных вод, негативно влияющих на компоненты окружающей среды. Вероятность формирования кислого стока может быть оценена по результатам определения кислотно-основного баланса вмещающих пород и руд (Acid-Base Accounting, АВА-тест), который основывается на оценках кислотопродуцирующего и нейтрализующего потенциалов и их соотношений.

Методология оценки кислотно-основного баланса базируется на реакциях окисления пирита, являющегося преобладающим сульфидом геологических материалов, и нейтрализации образованной при этом кислоты карбонатами (преимущественно кальцитом):





Кислотопродуцирующий и нейтрализующий потенциалы (КП и НП) общепринято выражать в эквивалентном количестве кальцита в геологических материалах (кг $\text{CaCO}_3/\text{т}$) и рассчитывать по содержанию сульфидной серы (%) и карбонатного углерода (%) (значения коэффициентов получены из реакций 1 и 2):

$$\text{КП} = S_{\text{сульфид}} \cdot 31.25, \quad (3)$$

$$\text{НП}_{\text{карб}} = C_{\text{карб}} \cdot 83.3. \quad (4)$$

Расчет коэффициента потенциала нейтрализации ($\text{КПН} = \text{НП}/\text{КП}$) позволяет классифицировать геологические материалы на потенциально кислотообразующие ($\text{КПН} < 1$), с неопределенной способностью к образованию кислоты ($1 \leq \text{КПН} < 2$), некислотообразующие ($\text{КПН} \geq 2$) (Lottermoser, 2010).

Несмотря на широкое использование АВА-теста и его относительную простоту, данный подход к оценке рисков формирования кислого стока имеет ряд ограничений. Не учитывается присутствие в породах некислотопродуцирующих сульфидов (галенит, сфалерит) либо сульфидов (арсенопирит), окисление которых сопровождается большим количеством кислоты, чем по реакции (1). Кроме того, нейтрализация образованной кислоты длительное время может протекать в околонеutralных условиях ($\text{pH} > 6,4$ ед.) с образованием бикарбонат-иона – в этом случае, в отличие от (2), 1 моль CaCO_3 будет поглощать только 1 моль H^+ , что приведет к двукратному занижению реальной оценки КП при расчете по (3). Таким образом, результаты АВА-теста являются недостаточными для оценки вероятности формирования кислого дренажа. Для уточнения кислотно-основного баланса могут быть использованы тесты по экспериментальному определению фактической кислотности пород, например, NAG-тест (Net Acid Generation Test), процедура которого включает лабораторное окисление сульфидов в образце сильным окислителем (H_2O_2) с последующим определением pH растворов взаимодействия. Критерием для классифицирования геологических материалов на кислотопродуцирующие и некислотопродуцирующие является величина $\text{pH} = 4,5$ ед. (AMIRA, 2002; Stewart et al., 2006).

В работе оценка кислотно-основного баланса по результатам АВА-теста и NAG-теста проводилась для геологических материалов малосульфидных золото-серебряных проявлений Кричальской площади, расположенной в Тополево-Хетачанской подзоне Олойской зоны (Западная Чукотка). Территорию слагают позднеюрско-раннемеловые породы эльгечанского базальт-андезит-дацит-риолитового, кричальского базальт-риолитового и хетачанского габбро-диорит-гранодиоритового комплексов. Породы в разной степени затронуты гидротермальными изменениями, представленными преимущественно пропилитами и кварц-серицитовыми с карбонатом метасоматитами. Рудная минерализация приурочена к сульфидизированным метасоматитам, зонам брекчированных пород и кварцевого прожилкования. Руды преимущественно вкрапленные и прожилково-вкрапленные. Главными сульфидными минералами являются пирит и арсенопирит, второстепенными – халькопирит, галенит, сфалерит, блеклые руды. Жильные минералы – кварц и карбонаты (Николаев и др., 2020).

Представительные образцы вмещающих малосульфидное оруденение пород (дациты, андезиты, брекчии, метасоматически измененные, $n=20$) были отобраны в интервале глубин от 15-25 м до 130-150 м. Содержание сульфидной серы в породах до 2,0%, As – до 1%, Cu до 250 мг/кг, Zn до 150 мг/кг, Mo до 100 мг/кг, Pb до 60 мг/кг.

По результатам АВА-теста вмещающие породы характеризуются невысоким кислотопродуцирующим потенциалом (7–59 кг $\text{CaCO}_3/\text{т}$). Нейтрализующая способность пород преимущественно обусловлена карбонатами (46–219 кг $\text{CaCO}_3/\text{т}$), $\text{pH}_{\text{пасты}}$ варьирует от 7,6 до 9,0 ед. По показателю КПН. при использовании формулы (3), только 4 образца вмещающих пород (20% от выборки) относятся к категории с неопределенной склонностью к генерации кислоты (рис. 1а). При учете условий нейтрализации кислоты (расчет КП с использованием коэффициента 62,5) вероятность формирования кислотного стока значительно возрастает (60% от выборки образцов классифицированы как потенциально кислотопродуцирующие и с неопределенной склонностью к генерации кислоты) (рис. 1б). Таким образом, результаты АВА-теста не позволяют однозначно оценить риски образования кислых дренажных вод.

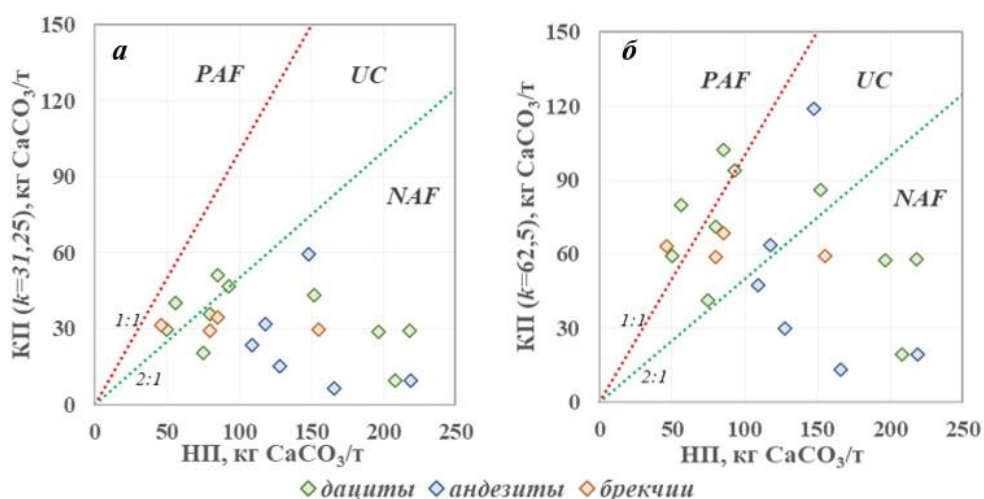


Рисунок 1. Классификация геологических материалов по данным АВА-теста: PAF (Potentially acid forming) - потенциально кислотопродуцирующие; UC (Uncertain) - с неопределенной способностью к генерации кислоты; NAF (Non-Acid Forming) – некислотопродуцирующие.

По результатам экспериментального окисления сульфидов вмещающих пород в лабораторных условиях (NAG-тест) установлено, что 4 образца (20% от выборки) могут продуцировать кислоту в долгосрочной перспективе (рис.2). Воспроизводимые результаты получены при классифицировании геологических материалов по величине NAG-pH и расчетному фактическому кислотопродуцирующему потенциалу ($\text{ФКП}=\text{КП}-\text{НП}$) (рис.3).

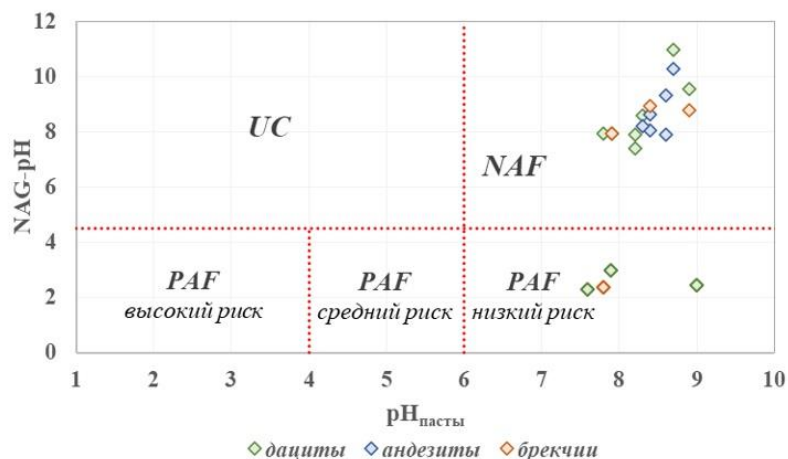


Рисунок 2. Классификация геологических материалов по величине $pH_{\text{пасты}}$ и $NAG-pH$

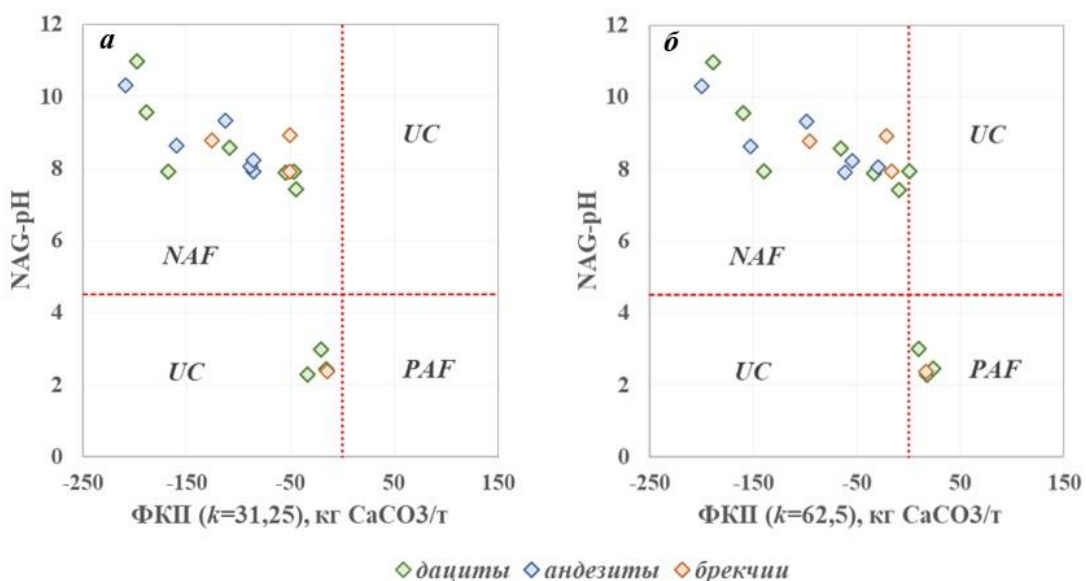


Рисунок 3. Классификация геологических материалов по величине $NAG-pH$ и FKP

При использовании стандартизованного расчета КП (по (3), рис.3а) и расчета КП с учетом околонейтральных условий протекания процессов окисления (рис.3б) оценки вероятности формирования кислотного стока в целом сопоставимы – 4 образца пород (20% от выборки) относятся к категории потенциально кислотопродуцирующих или с неопределенной склонностью к генерации кислоты.

Выводы

Проведенные исследования геологических материалов на примере малосульфидных золото-серебряных проявлений показали, что использование АВА-теста имеет ограничение для корректной оценки вероятности образования кислотного стока, в первую очередь, по причине неоднозначности учета условий протекания реакций нейтрализации. Тесты по экспериментальному окислению сульфидов, моделирующие процессы выветривания в лабораторных условиях, позволяют непосредственно выполнить определение величины конечного pH растворов взаимодействия, и, соответственно, релевантных рисков для окружающей среды.

Библиография

1. Николаев Ю.Н., Калько И.А., Бакшеев И.А. и др. Золото-серебряная минерализация Олойской зоны и её промышленные перспективы // Отечественная геология. — 2020. — №1. — С.45-58.
2. AMIRA. ARD Test Handbook, Project P387A. Prediction and Kinetic Control of Acid Mine Drainage, AMIRA International Limited, Melbourne, Australia, pp. A1-G2, 2002.
3. Lottermoser B.G. Mine Wastes. Characterization, Treatment and Environmental Impacts. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 400 p.
4. Stewart W.A., Miller S.D., Smart R.S. Advances in acid rock drainage (ARD) characterisation of mine wastes. Journal of the American Society of Mining and Reclamation, 2006. P.2098-2119.

Эколого-геологические системы массивов скальных грунтов и их особенности.
Харькина М.А. (МГУ им. М.В.Ломоносова, kharkina@mail.ru), Трофимов В.Т. (МГУ им. М.В.Ломоносова, trofimov@rector.msu.ru), Королев В.А. (МГУ им. М.В.Ломоносова, va-korolev@bk.ru)*

Аннотация

Охарактеризованы общие особенности эколого-геологических систем (ЭГС) массивов скальных грунтов, как объектов геоэкологических исследований и инженерно-экологических изысканий. Эколого-геологические системы включают абиотические (литотоп, эдафотоп) и биотические (микробоценоз, фитоценоз, зооценоз) компоненты, взаимосвязанные и взаимообусловленные друг с другом.

Ключевые слова

Эколого-геологическая система, скальный грунт, литотоп, эдафотоп, микробоценоз, фитоценоз, зооценоз

Введение

Эколого-геологические системы представляют собой основной объект изучения экологической геологии. Выделение ЭГС позволяет в полной мере выявить взаимосвязь «неживого» (массива грунтов) и «живого» (микроорганизмов, растений, животных). Эколого-геологическая система – это определенный объем литосферы с находящейся в ней и на ней биотой, включая человека и социум, на которые воздействуют природные и техногенные факторы, под влиянием которых развиваются современные геологические процессы, влияющие на условия жизни биоты [3].

К настоящему времени в той, или иной степени уже охарактеризованы систематика природных и техногенных ЭГС [1], их анализ при инженерно-экологических изысканиях [4], а также особенности природных ЭГС, формирующихся на массивах песчаных и лёссовых грунтов [2]. Однако характерные особенности природных континентальных (сухопутных) ЭГС массивов скальных грунтов остаются пока слабо изученными. Поэтому цель настоящего сообщения – восполнить этот пробел.

Общие особенности ЭГС массивов скальных грунтов

Сухопутные природные однородные ЭГС, развитые на массивах скальных грунтов, имеют свои характерные общие особенности, отличающие их от ЭГС массивов дисперсных и иных грунтов и влияющие на развитие и функционирование экосистемы (табл. 1). При этом ЭГС разных регионов подчиняются широтной и вертикальной зональности, что особенно проявляется при анализе ЭГС не элементарного, а регионального и более высоких иерархических уровней. В данной работе рассматриваются ЭГС массивов скальных грунтов элементарного уровня.

Эти характерные черты отражаются в особенностях как абиотических, так и биотических компонентов ЭГС – литотопа (включая грунты, рельеф, экзогенные и эндогенные процессы, гидрогеологические условия), эдафотопа (почв) и биотопа

(микробоценоза, фитоценоза и зооценоза), а также в реализации ими экологических функций. При этом все указанные компоненты ЭГС находятся во взаимодействии и оказывают друг на друга определенное влияние.

Таблица 1

Общие особенности эколого-геологических систем массивов скальных грунтов

Особенности абиотических компонентов ЭГС:	Особенности эдафотопы и биотических компонентов ЭГС:			
	литотопы	эдафотопы	микробоценоза	фитоценоза
<p>1. Низкая пористость и пустотность</p> <p>2. Возможность наличия крупных пустот и полостей (пещер)</p> <p>3. Относительно высокая прочность и низкая выветриваемость</p> <p>4. Возможное наличие геофизических аномалий</p> <p>5. Многообразие минералов, геохимических полей и месторождений полезных ископаемых</p> <p>6. Низкая обводненность</p> <p>7. Характерный рельеф</p> <p>8. Специфический парагенез экзогенных геологических процессов</p>	<p>1. Меньшее³ разнообразие генетических типов почв</p> <p>2. Менее четко выраженные генетические горизонты почв</p> <p>3. Меньшая мощность почв</p> <p>4. Меньшее видовое разнообразие почвенных микро- и макроорганизмов</p> <p>5. Меньшая биомасса почвенных организмов</p> <p>6. Спорадическое распространение</p> <p>7. Приуроченность к корам выветривания</p>	<p>1. Меньшее видовое разнообразие микробов</p> <p>2. Меньшая плотность подземных популяций микробов</p> <p>3. Меньшая биомасса микробов</p> <p>4. Проникновение микробов на меньшую глубину</p> <p>5. Наличие микроорганизмов, формирующих скальные биолиты</p>	<p>1. Меньшее видовое разнообразие растений;</p> <p>2. Проникновение корней на меньшую глубину;</p> <p>3. Меньшая биомасса растений;</p> <p>4. Неспособность растений препятствовать развитию ЭГП;</p> <p>5. Приуроченность облигатных растений (петрофитов) к скальным грунтам;</p> <p>6. Подчинение фитоценозов широтной и высотной зональности (поясности):</p> <p>7. Значительная роль лишайников-эпилитов</p>	<p>1. Меньшее видовое разнообразие животных</p> <p>2. Отсутствие подземных роющих животных, но наличие пещерных</p> <p>3. Меньшая биомасса животных</p> <p>4. Неспособность влиять на развитие ЭГП</p> <p>5. Проявление литофагии в биоминеральных комплексах скальных массивов</p>

Особенности абиотических компонентов

Среди этих особенностей нами выделяются следующие (табл.1): 1) относительно низкая пористость и трещинная пустотность, особенно для грунтов неветрелых массивов, что снижает ресурс геологического пространства самих грунтов для микро- и макроорганизмов; 2) возможность формирования в скальных массивах крупных пустот, пещер (карстовых и т.п.) и полостей, обуславливающих особый ресурс геологического

³ «Меньшее» - здесь и далее имеется ввиду по сравнению с ЭГС массивов дисперсных грунтов

пространства для биоты и развитие специфических подземных экосистем; 3) относительно большая прочность и невысокая способность скальных грунтов к выветриванию, что снижает ресурс геологического пространства и затрудняет их освоение биотой; 4) развитие парагенеза специфических геологических процессов, как проявление их геодинамической экологической функции; 5) слабая обводненность, наличие лишь поровых и трещинных вод, что влияет на обеспеченность экосистем водой и проявление геохимической экологической функции; 6) особый тип рельефа, обуславливающий ресурс геологического (геоморфологического) пространства для биоты, а также геодинамическую экологическую функцию; 7) широкий спектр минералов скальных грунтов, обуславливающих питательный и энергетический ресурсы для биоты, а также геохимическую и геофизическую функции; 8) наличие в некоторых скальных массивах геофизических аномалий, влияющих на биоту.

Особенности биотических компонентов

Общие *особенности эдафотона* ЭГС массивов скальных грунтов состоят в том, что почвы, формирующиеся на скальных массивах: 1) обладают меньшим разнообразием генетических типов; 2) у них менее четко выражены генетические горизонты; 3) они характеризуются меньшей мощностью; 4) у них меньшее видовое разнообразие почвенных микро- и макроорганизмов; 5) у них намного меньшая биомасса почвенных организмов; 6) для них характерно не сплошное, а спорадическое (локальное, фрагментарное) распространение и приуроченность к корам выветривания (табл. 1, рис.1). При этом необходимо иметь в виду, что распространение тех, или иных типов почв и их тепло-влагообеспеченность в пределах рассматриваемых ЭГС подчиняются широтной и вертикальной зональности.

Общими *особенностями микробиоценоза* ЭГС массивов скальных грунтов являются (табл. 1): 1) относительно небольшое видовое разнообразие микроорганизмов; 2) их невысокая плотность популяций, за исключением ЭГС массивов пористых и трещиноватых, выветрелых грунтов, а также подземных пещер (карстовых, тектонических и др.); 3) меньшая биомасса микроорганизмов в единице объема грунта; 4) возможность проникновения микроорганизмов на меньшую глубину массива по сравнению с массивами дисперсных грунтов. В массивах скальных грунтов возможно формирование поверхностных (наземных) и подземных микробиоценозов, которые существенно отличаются друг от друга.



Рисунок 1. Фитоценоз кальцефитов на массиве карбонатных грунтов, Крым (фото В.С.Королева)

Основными **особенностями фитоценоза** ЭГС массивов скальных грунтов являются (табл. 1): 1) меньшее видовое разнообразие растений; 2) проникновение корней на меньшую глубину; 3) меньшая биомасса растений; 4) неспособность растений препятствовать развитию ЭПП; 5) приуроченность облигатных растений (петрофитов) к скальным грунтам (рис.1); 6) подчинение фитоценозов широтной и высотной зональности (поясности); 7) значительная роль лишайников-эпилитов.

Общими **особенностями зооценозов** ЭГС массивов скальных грунтов является: 1) относительно небольшое разнообразие животных по сравнению с массивами дисперсных грунтов; 2) отсутствие роющих животных, но наличие подземных пещерных комплексов; 3) меньшая биомасса животных; 4) неспособность влиять на развитие ЭПП; 5) проявление литофагии в биоминеральном комплексе скальных массивов. Зооценозы скальных массивов подчиняются широтной и высотной зональности.

Выводы

1. Природные эколого-геологические системы массивов скальных грунтов, представляют собой сложные образования. Их важнейшие особенности обусловлены литогенной основой — скальными грунтами, обладающими специфическим составом, строением и свойствами. Состав и свойства литотопа во многом определяют свойства эдафотопа и видовой состав фитоценозов. Литотоп оказывает меньшее влияние на зооценозы, но в значительной мере определяет состав и свойства биоминеральных комплексов, используемых животными.

2. Характерной особенностью эдафотопа ЭГС массивов скальных грунтов является наследование минерального и химического состава материнской породы. Непосредственно на массивах скальных грунтов формируются фрагментарные, короткопрофильные почвы со слабо развитым гумусовым горизонтом, а на коре выветривания этих массивов – развитые почвы с большим количеством гумуса.

3. Установлены характерные особенности фитоценозов ЭГС массивов скальных грунтов. Их доминантами являются лишайники-эпилиты, обуславливающие начальные сукцессии при формировании фитоценозов на скалах.

4. Отмеченные обстоятельства необходимо учитывать при анализе экосистем и ЭГС, формирующихся на массивах скальных грунтов, при их систематизации, инженерно-экологических изысканиях и геоэкологических исследованиях.

Библиография

1. Королёв В. А., Трофимов В. Т. К построению общей классификации континентальных эколого-геологических систем // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4: Геология. 2022. № 1. С. 54–61.
2. Королев В.А., Григорьева И.Ю. Эколого-геологические системы массивов лессовых грунтов // Инженерная геология. Том XVII, № 2. 2022. С. 42–64.
3. Трофимов В.Т. Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2009, №2. С.48-52.
4. Харькина М.А., Трофимов В.Т. Использование основ экосистемного подхода в нормативных документах на инженерно-экологические изыскания / Ломоносовские чтения. Секция геологии. М.: Изд-во МГУ, 2022, с. 9-10.

Оценка эффективности организационных мероприятий йодной профилактики в зонах радиационно-опасных объектов. Хлопук О.Л.* (МГРИ, hloruk-olga@rambler.ru), Поляков В.М. (МГРИ, texnoles@mail.ru)

Аннотация

К настоящему моменту хорошо изучены особенности распространения радиоактивных веществ в зонах аварий, построены соответствующие математические модели, и созданы программы для прогнозирования радиационной обстановки. Также хорошо изучены медико-биологические процессы накопления йода в щитовидной железе, построены математические зависимости для оценки накопления дозы облучения щитовидной железы, в зависимости от радиационной обстановки и времени принятия препаратов йодида калия. На основе этих данных нами разработана математическая модель накопления радиоактивного йода в щитовидной железе в зависимости от пространственно-временных характеристик распространения радиоактивных веществ и особенностей нахождения и передвижения людей на загрязненной радиоактивными веществами территории. Расчеты на этой модели позволили уточнить эффективность йодной профилактики с учетом различных сценариев эвакуации населения. Следующим этапом наших исследований является учет в математической модели других мероприятий радиационной защиты – укрытия и применения средств индивидуальной защиты органов дыхания. Такая математическая модель позволит оценить эффективность проведения йодной профилактики с учетом динамики всех процессов, начиная от распространения радиоактивного облака, накопления радиоактивного и стабильного йода в щитовидной железе и, заканчивая применением всего комплекса мероприятий по защите населения.

Ключевые слова

Йодная профилактика, йодид калия, нестабильный йод, радиационная авария.

Теория

Процесс радиационного облучения происходит при постоянном изменении пространственно-временных параметров, так как в связи с перемещением облака и распадом радионуклидов, изменяется концентрация веществ. Особенно опасным являются изотопы йода, так как они быстро распространяются на большие расстояния и вызывают облучение щитовидной железы у населения, проживающего вблизи АЭС.[1] Йодная профилактика является одним из важных защитных мероприятий и, в случае ее оптимального применения, дает хорошую степень защиты от облучения. Основным средством йодной профилактики является стабильный йод в виде таблеток йодида калия, который, попадая в организм человека накапливается в щитовидной железе, тем самым заполняя ее, и подавляет поглощение нестабильного йода щитовидной железой.[2] Процесс защиты щитовидной железы также протекает во времени, так как щитовидная железа теряет и накапливает йод. Наша задача – провести оценку организационных мероприятий йодной профилактики при изменении совокупности процессов, протекающих одновременно при возникновении радиационной аварии.

В основу метода оценки эффективности йодной профилактики мы закладываем математическую модель проведения этого мероприятия, на которое влияет два

отдельных процесса. Первый – это облучение щитовидной железы радиоактивным йодом, в результате которого мы получаем эквивалентную дозу облучения человека, на снижение которой будет направлена йодная профилактика. Второй процесс – это защита щитовидной железы при применении препарата йодида калия. Обобщая данные о процессах накопления йода в щитовидной железе, можно предложить следующую формулу (1) для расчета эквивалентной дозы облучения щитовидной железы, в случае проведения йодной профилактики:

$$H'(t1, s, t2) = H(t1, s) \cdot \frac{(100 - R(t2))}{100}, \quad (1)$$

Где $H'(t1, s, t2)$ – эквивалентная доза облучения щитовидной железы при йодной профилактике; $H(t1, s)$ – эквивалентная доза облучения щитовидной железы, которую вычисляют с учетом перемещения людей при возникновении радиационной аварии, во времени и пространстве; $R(t2)$ – степень защиты щитовидной железы при принятии препарата йодида калия в зависимости от момента принятия стабильного йода; s – расстояние от радиационно-опасного объекта; $t1$ – время с момента начала поступления изотопов нестабильного йода в организм; $t2$ – время между приемом препарата йодида калия и моментом поступления радиационного йода в организм человека.

В качестве показателя эффективности организационного мероприятия йодной профилактики нами принят качественный показатель $W = W(x, y)$, который по своей сути является математическим эквивалентом степени достижения цели йодной профилактики – снизить облучение щитовидной железы до допустимого уровня. Показатель эффективности $W(x, y)$ принимает два значения: 1, если цель йодной профилактики достигнута, и 0, если – не достигнута. Вектор характеристик $x = (t1, s, t2)$ описывает действия при йодной профилактике. Это управляемые переменные описывающие те или иные организационные решения йодной профилактики. Вектор $y = (s1, m, r)$ описывает обстановку, в которой проводится йодная профилактика. Он содержит следующие компоненты: $s1$ – расстояние от источника опасности в момент аварии, время суток m и местоположение людей r . Критерием эффективности $\max W(x, y)$ является – не превышение допустимого, в аварийных ситуациях, уровня облучения щитовидной железы, который мы обозначили через Z , $Z = 50$ мЗв для детей, $Z = 250$ мЗв для взрослых, согласно [4]. Таким образом, показатель эффективности можно представить в виде выражения (2):

$$W(t1, s, t2, m, r, s1) = \begin{cases} 1, & \text{при } H' \leq Z \\ 0, & \text{при } H' \geq Z \end{cases} \quad (2)$$

Для расчета доз облучения $H(t1, s)$, при различных временных и пространственных параметрах, мы аппроксимировали методом наименьших квадратов значения мощности эквивалентной дозы $P(t1, s)$, которые получили, используя программу «Экспресс».

Медиками и биологами был исследован процесс насыщения щитовидной железы стабильным и нестабильным йодом, в результате было установлено, что на эффективность йодной профилактики влияет момент принятия препарата. Согласно данным из [3] эффективность защиты щитовидной железы включает в себя два процесса: процесс накопления только стабильного йода и процесс совместного накопления

стабильного и радиоактивного йода. С помощью аппроксимации данных приведенных в [3], мы получили аналитическое выражение для нахождения степени эффективности защиты щитовидной железы, где числовые коэффициенты функций были подобраны с помощью метода перебора значений по сетке с обучением, рисунок 1:

$$R(t_2) = \begin{cases} R1(t_2) = 97.972 - 0.814 \cdot e^{-0.14 \cdot t_2 + 0.177}, & -24 \leq t_2 \leq 0 \\ R2(t_2) = -7.569 + 5.098 \cdot e^{-0.099 \cdot t_2 + 3.021}, & 0 < t_2 \leq 24 \end{cases} \quad (3)$$

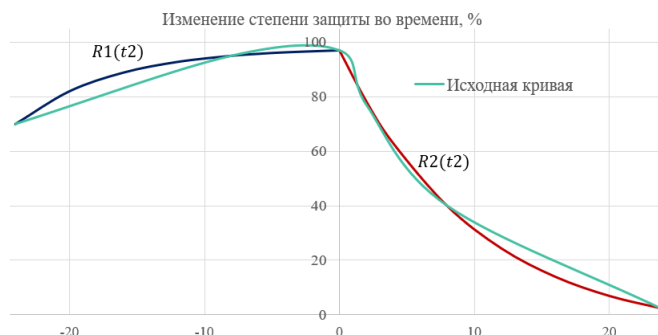


Рисунок 1. Кривые функции аппроксимации степени защиты.

Также мы выделили общие модели поведения населения при возникновении радиационной аварии, таблица 1, уделив внимание времени нахождения людей в 50 - километровой зоне радиационного загрязнения. Оценку эффективности йодной профилактики, мы проводили совместно с таким мероприятием как эвакуация, так как она влияет на перемещение людей в зоне опасности. В зависимости от этих вариантов, изменяется время нахождения людей в зоне радиационного облучения и варьируется доступность препарата йодида калия, который раздается населению различными путями.

Таблица 1. Модели поведения людей при аварии на АЭС

Модели поведения людей при аварии на АЭС					Время после оповещения
Время суток	День	Люди дома	Государственная эвакуация		6 часов
					12 часов
			Самостоятельная эвакуация		30 минут
		Люди не эвакуируются		3 часа	
		Люди не дома	Добираются домой из другого населенного пункта	Государственная эвакуация	6 часов
	Самостоятельная эвакуация			12 часов	
	Люди не эвакуируются		30 минут		
	Ночь	Люди дома	Государственная эвакуация		6 часов
					12 часов
			Самостоятельная эвакуация		30 минут
Люди не эвакуируются		3 часа			

На разработанной выше модели по вариантам поведения человека и по обстановке были выполнены расчеты. В результате были получены таблицы эффективности йодной профилактики в зависимости от времени принятия препарата для случая критического облучения взрослых и детей. Пример итоговой таблицы представлен ниже, таблица 2. Таким образом, мы оценили эффективность принятия стабильного йода на различных расстояниях от АЭС, различного времени принятия йодида калия и динамики перемещения населения в зоне радиоактивного загрязнения. На основании полученных результатов по оценке эффективности йодной профилактики мы сформулировали рекомендации для организационных мероприятий йодной профилактики по выдаче стабильного йода населению.

Таблица 2. Эффективность йодной профилактики для взрослых на расстоянии 3.5 км от АЭС, для ситуации, когда люди находятся дома днем.

		Взрослые. 3.5 км от АЭС																								
		Доза облучения без защиты, мЗв	Время принятия препарата йодида калия после принятия решения об использовании защитной меры, ч.																							
Люди дома. День			15 мин.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Г. эвакуация через 6 часов	787	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Г. эвакуация через 12 часов	1485	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
С. эвакуация через 30 минут	149	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
С. эвакуация через 3 часа	439	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Выводы

В результате исследования по оценке эффективности организационных мероприятий йодной профилактики, при совместном рассмотрении процессов распространения радиоактивных изотопов йода в случае аварии, перемещение населения в 50-километровой зоне радиационного загрязнения, а также рассмотрение процессов защиты щитовидной железы с помощью стабильного йода, получены следующие основные результаты:

1. разработан показатель эффективности организации йодной профилактики, и математическая модель, позволяющая уточнить время проведения мероприятия йодная профилактика;
2. оценена эффективность принятия препарата стабильного йода на различных расстояниях от источника радиационной аварии и в различные моменты времени после начала аварии, при разнообразных моделях поведения людей;
3. на основании проведенной оценки эффективности йодной профилактики были разработаны рекомендации по времени проведения различных мероприятий по выдачи препаратов стабильного йода население, которые будут препятствовать поглощению радиации и защищать людей.

На основе предлагаемой нами математической модели, может быть разработана модель комплексной защиты населения, в случае радиационной аварии. Для этого необходимо подобным предлагаемому нами способу учета эффективности йодной профилактики исследовать в динамике и взаимосвязи другие пути радиационного воздействия и купирующие его защитные мероприятия.

Библиография

1. Гончаров С.Ф., Аветисов Г.М., Сердюк А.М., Лось И.П., Тарасюк О.Е. Проблемы проведения йодной профилактики при аварии на ядерном блоке АЭС // Environment & Health. 2013. №1. С. 12-19.
2. Касаткина Э.П., Шилин Д.Е. Радиационная патология щитовидной железы лекция 2. Йодная блокада при авариях на атомном производстве. Проблемы Эндокринологии. 1997;43(5): 23-27.
3. Лягинская А.М., Ермалцкий А.П., Осипов В.А. и другие. Руководство по йодной профилактике в случае возникновения радиационной аварии: Методические рекомендации. -М.: Федеральное медико-биологическое агентство, 2010. -44 с.

4. Романович И.К., Балонов. М.И., Бардовский А.Н. и другие. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. -100 с.

Нефтебаза как объект негативного влияния на геосреду. Шушанян Г.А.* (СамГТУ, gor.shush2001@gmail.com), Ермаков В.В. (СамГТУ, ncre@mail.ru)

Аннотация

В данной статье рассмотрены особенности геологии нефтебазы. Обозначена проблема наличия загрязнения в массе грунтов в основании нефтебазы. Представлен обзор научной и аналитической литературы по объектам нефтяной отрасли. Проведена оценка состояния грунтов из инженерно-геологических скважин на предмет превышений концентраций нефтепродуктов. Сделан вывод о сформировавшейся нефтяной линзе под территорией нефтебазы.

Ключевые слова

Линза углеводородов, нефтебаза, грунты нефтезагрязненные, загрязнение среды геологической, линза техногенная.

Теория

Согласно данным Министерства Энергетики РФ, добыча нефти, включая газовый конденсат, составила 561,2 млн тонн в 2019 году [3] и 512,8 млн тонн в 2020 году (последствия Covid-19). Значительная часть нефти перерабатывается на территории Российской Федерации. Поскольку нефть и нефтепродукты реализуются потребителям не сразу, то возникает потребность в хранении сырой нефти и нефтепродуктов. Для этого функционируют нефтебазы – предприятия, содержащие в себе установки и сооружения для приема, хранения и отпуска продуктов переработки нефти. Учитывая тот факт, что многие нефтебазы проектировались в прошлом столетии, то в настоящее время они не могут соответствовать существующим базовым экологическим нормам, например, не выдержаны размеры санитарно-защитных зон, а некоторые были построены в пределах густонаселенных зон. Вследствие этого существует высокий экологический риск для здоровья населения, проживающего рядом с нефтехранилищами.

Объекты хранения нефтепродуктов комплексно воздействуют на окружающую среду. Это выбросы в атмосферу загрязняющих веществ (организованные и неорганизованные), загрязнения водных объектов всех типов, а также нарушения геосреды. Одним из наиболее сложных для устранения типов негативного воздействия является формирование техногенной линзы углеводородов и её миграция в глубоких слоях геосреды, зачастую в контакте с подземными водными объектами. Поллютанты инфильтруются в грунты сквозь зоны аэрации на глубину в несколько метров, а на более массивных объектах (территории под НПЗ) – на десятки метров [1]. В след за этим возникает риск миграции загрязняющих веществ и выход их через области разгрузки в поверхностные водные объекты с последующим распространением, что также наносит ущерб функционирующим там гидробионтам.

Техногенная линза углеводородов представляет собой многопараметрическую природно-техногенную систему (ПТС). То есть, помимо линзы в динамическую систему входят подземные и поверхностные воды (влияют на систему через паводко-меженный период), породы зоны аэрации и промышленные установки (дренажи и скважины).

Следовательно, даже при проведенном экологическом обследовании требуется последующий непрерывный мониторинг, отслеживающий динамику изменения уровня, объема и формы линзы нефтепродуктов в следствие влияния вышеперечисленных факторов.

Объект исследования расположен на левом берегу Волги в Куйбышевском районе г. Самара недалеко от Куйбышевского нефтеперерабатывающего завода. Резервуарный парк создан в 1930х годах. На обследуемом участке расположены 6 действующих резервуаров объемом 5000 м. Месторасположение представлено на рис. 1.



Рисунок 1. Ситуационный план расположения объекта исследования

Длительность эксплуатации объекта даёт предположение о наличии устойчивой сформировавшейся нефтяной линзы. Для оценки глубины миграции нефтепродуктов внутрь геосреды, были отобраны пробы из инженерно-геологических скважин (ИГС) через каждый метр с целью установить распространение загрязнения по всей глубине. Также была проведена оценка качества поверхностного слоя грунтов с глубины 0-0,1 м в местах заложения ИГС. В соответствии с региональным нормативом «Правила охраны почв в Самарской области» допустимая концентрация нефтепродуктов на территориях нефтехранилищ составляет 2000 мг/кг и сравнение в ходе работы велось с указанным значением. Результаты количественного химического анализа грунтов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализа грунтов из ИГС

Глубина, м	Концентрация нефтепродуктов, мг/кг											
	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3	Скв. 4	Скв. 5	Скв. 6	Скв. 7	Скв. 8	Скв. 9	Скв. 10	Скв. 11	Скв. 12
0,0-0,1	410	2370	197	1900	980	258	1860	840	670	178	31	234
1	306	8900	5400	4900	5300	301	5500	3430	62	133	159	1400
2	293	6500	3500	3200	5200	2380	9300	9800	53	205	174	6200
3	329	4200	480	2700	6800	2400	4900	5900	2550	54	2140	7500
4	410	3100	300	1900	1500	3250	8500	8600	1860	87	3450	6300
5	281	2400	600	1620	550	460	1630	3280	1720	310	8600	1780
6	-	-	-	-	-	-	-	-	122	-	1800	1060

По результатам лабораторных исследований грунтов установлены пробы, концентрация нефтепродуктов в которых превышает допустимую концентрацию 2000 мг/кг. Загрязнение нефтепродуктами зафиксировано в скважинах №№ 2-9, 11, 12 и распространено на глубинах 2-5 метров. Загрязнение на глубинах 6 метров уменьшается, что подтверждено анализом проб в скважинах №№ 9, 11, 12. Уровень загрязнения не превышает 1 %.

Для формирования понимания динамики распространения загрязнения на объекте исследования рассмотрим работы по объектам – аналогам. И.С. Велин из ВорГУ (Воронежский Государственный Университет) изучил особенности миграции углеводородных поллютантов в зоне аэрируемых грунтов под площадкой нефтебазы «Красное Знамя» [2], на которой также осуществлялось хранение различных видов топлива. После проведенного экологического обследования была сформирована обобщенная схема углеводородного загрязнения геосреды под площадкой нефтебазы «Красное знамя» (Рисунок 2).

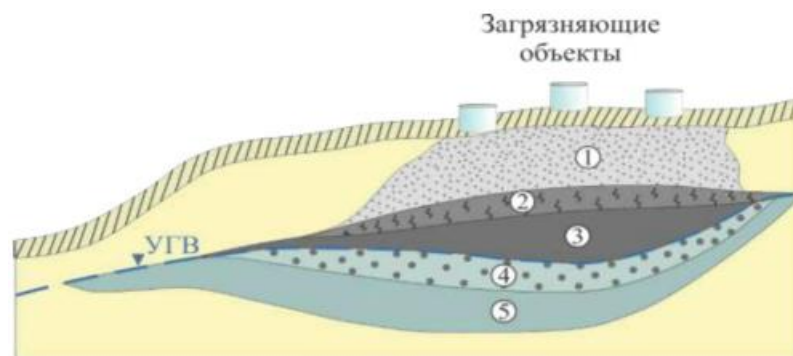


Рисунок 2. *Обобщенная схема углеводородного загрязнения геосреды базы хранения топлива «Красное Знамя». 1 – зона газообразных углеводородов; 2 – зона заземленных углеводородов; 3- зона углеводородного насыщения (техногенная линза углеводородов); 4 – зона капельных углеводородов в воде; 5 – зона эмульгированных и растворенных углеводородов, УГВ – уровень грунтовых вод.*

Нефтебаза «Красное Знамя» не исследовалась на предмет глубинного загрязнения нефтепродуктами [4], однако высокие концентрации нефтепродуктов в приповерхностных отложениях (1500-8000 мг/кг) говорят о том, что аналогичное Кряжской нефтебазе глубинное загрязнение также возможно.

Аналогичная схема распределения нефтепродуктов в массиве может быть распространена и для нашего объекта. А это значит, что необходимо обследование состава и динамики распространения грунтовых вод для предотвращения выхода загрязнённой воды в близлежащие водоёмы.

Выводы

В результате проведенного экологического обследования можно сделать следующие выводы:

1. Длительно существующий объект хранения нефтепродуктов в значительной степени способствует трансформации природно-техногенной системы вокруг предприятия. В толще геосреды выявлены превышения концентрации нефтепродуктов в 1,07 – 4,65 выше установленного уровня в зависимости от глубины и расположения ИГС.
2. Нельзя сформировать однозначное заключение по поводу величины масштаба загрязнения, поскольку проникновение поллютантов на глубину до 6 метров, вполне может означать и то, что они мигрировали по горизонтали по различным областям разгрузки.
3. Потребность в рекультивации нарушенной территории также под вопросом, поскольку при очистке данного участка может возникнуть новый приток углеводородов из области разгрузки Куйбышевского НПЗ, располагающегося по соседству с нефтебазой.

Библиография

1. Быков Д. Е. и др. Санация недр территории нефтеперерабатывающих заводов //Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – №. 3. – С. 9-13.
2. Велин А. С. Особенности миграции углеводородов в грунтах зоны аэрации и подземных водах в местах расположения крупных нефтехранилищ //Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 2018. – №. 1. – С. 142-147.
3. Добыча нефтяного сырья [Электронный ресурс]: Информационный ресурс Министерства Энергетики РФ. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1209>

4. Фонова О. Г. и др. Особенности структуры техногенных нефтяных линз в районах размещения объектов логистики нефтепродуктов //Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2022. – №. 1. – С. 93-102.

Методология экологических исследований. Экзарьян В.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе, vnekzar@rambler.ru)*

Аннотация

Рассмотрены методологические основы экологических исследований. Определены понятия «системы», системного подхода и системного анализа.

Выделено два направления методологических знаний в экологии: нормативное и дескриптивное. Показан процесс развития теоретических знаний в экологии и взаимосвязь методологии и теории экологических исследований. Рассмотрены основные характеристики «системы», являющиеся базовыми критериями при изучении объектов экологии. Использование системного подхода как основного направления методологии экологических исследований позволило выделить три основные этапа(стадии) при решении экологических задач.

Ключевые слова

Методология, экологические исследования, системный подход.

Теория

В классическом понимании «методология – учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности». Методология в этом широком смысле слова образует необходимый компонент любой деятельности, поскольку последняя становится предметом познания, обучения и рационализации. Следовательно, предметом изучения и преобразования методологии, в нашем случае, является деятельность.

Методологические знания в экологии выступают в форме как предписаний и норм (нормативная база деятельности), в которых фиксируется содержание и последовательность определенных видов деятельности (работ), так и описаний фактически выполненной деятельности (дескриптивная методология в отличие от нормативной). В обоих случаях основной функцией методологических знаний является внутренняя организация и регулирование процесса познания или практического преобразования какого-либо объекта (процесс деятельности). Таким образом методологические знания базируются на результатах изучения организационно-деятельностной структуры объекта и модели его функционирования и эволюции.

По существу, методологические исследования представляют научно-обоснованную, взаимоувязанную последовательность принципов, методов, способов или процедур, направленных на решение поставленных задач. Изначально определяется объект исследования, и формулируются задачи.

Ю.А. Косыгин писал, что «методология – это не наблюдения и изучения, а наведение в них порядка»[2].

Определить, построить, подобрать методологию значит составить в итоге схему последовательных операций, позволяющих решить поставленные задачи. Выбор методологии чаще всего осуществляется с использованием принципа подбора, предложенного выдающимся русским ученым А. Богдановым в 1912 году,

теологические разработки которого являются предтечей общей теории систем (системного движения и т.д.) [1].

Основное содержание методологии наук образуют, прежде всего, научные теории, проверенные практикой. По существу, любая теория может выступать в качестве методологии при построении другой теории в данной или сопредельных областях знания. Например, фундаментальная теория физического подобия тел была использована в качестве основы при разработке теории приближенного геологического подобия. На рисунки 1 схематически показан процесс развития теоретических знаний.



Поэтому фактически различие между методологией и теорией носит функциональный характер: Формируясь в качестве теоретического результата прошлого исследования, методология может выступать как исходный пункт и условие для создания новой теории.

Для проведения любых видов исследования, и особенно экологических, необходимо ввести понятие «системы» применительно к конкретным объектам, а затем на базе этого понятия – выделить систему, определив ее границы, и составить программу изучения ее основных компонентов. В нашем случае в качестве системы выступают объекты экологии. Как известно к ним относятся природные объекты (экосистемы), природные ресурсы, компоненты природной среды, природно-техногенные системы (ПТС) и т.д.

Что же следует понимать под системой? **Система** (с греч. – целое, составленное из частей, соединение) – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство [3]. В современном научно-техническом знании разработка проблематики, связанной с исследованием и конструированием систем разного рода, проводится в рамках системного подхода, общей теории систем, специальных теорий систем и т.д. в кибернетике, системотехнике, системном анализе.

Основными характеристиками «системы» являются:

- целостность,
- иерархичность структуры,
- взаимосвязи элементов,
- организованности.

Поскольку понятие системы имеет чрезвычайно широкую область применения, то практически каждый изучаемый природный и природно-техногенный объект может быть рассмотрен как система.

Как видно из предыдущего рассмотрения, в соответствии с понятием системы необязательно применение системного подхода при ее изучении. Любую систему можно изучать системно и не системно. Чаще всего в своих исследованиях мы, выделив систему, изучаем лишь ее отдельные свойства, касающиеся, например нашего предмета – экологии, или вытекающих из поставленных задач. Мы так и называем наши исследования –экологическими, что в значительной степени может снижать значимость, достоверность и информативность получаемых результатов. Это обстоятельство связано с тем, что организация деятельности любого специалиста базируется на его

онтологических знаниях, т.е. всегда носит предметный целевой характер. Геологи изучают геологическое строение территории, гидрогеологи – подземные водоносные комплексы и водоупоры, геоморфологи – характер современного рельефа и историю его развития, гидрологи – поверхностные водные объекты, экологи – компоненты природной среды, биоразнообразие, экологические системы, природные ресурсы, процессы техногенеза, природно-технические системы и другие объекты.

Следует отметить, что экология как меганаука не позволяет специалистам замкнуться на предметном исследовании объекта, а как правило «требует рассмотрения объекта системно» [4]. Следовательно, в экологических исследованиях изначально объекты рассматриваются как системы, и их изучение ведется на основе системного подхода. Часто в исследованиях употребляются понятия системный подход и системный анализ, которые многими специалистами трактуются как синонимы. Рассмотрим различие этих направлений деятельности по содержанию и сути используемых методических подходов при изучении и прогнозировании состояния объектов экологии.

Системный анализ – совокупность методологических средств (методов и методик), используемых для подготовки и обоснования решений по каким-либо сложным объектам или проблемам. Набор средств для решения поставленных задач подбирается в зависимости от целей исследований и предикта (исследователя), который определяет пути решения проблемы. Правильнее говорить об «анализе систем», который чаще всего проводится с применением формальных физико-математических средств, и позволяет построить обобщенную прогнозно-диагностическую модель, отражающую изучаемую сложившуюся ситуацию (проблемы или объекта) и определяющую возможные изменения состояния объекта в процессе функционального использования территории. Таким образом, выделив систему, мы можем анализировать и прогнозировать её состояния, используя методы различных онтологий (предметных деятельностей). Например, можно рассматривать систему полигона захоронения ТКО только с позиции возможного загрязнения подземных вод: задавать граничные условия, строить геофильтрационную модель изучаемого объекта и определять скорость распространения загрязненной фильтратом воды по вертикали и горизонтали. Это тоже анализ системы.

Системный подход – это направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которого лежит рассмотрение объектов как систем. В экологических исследованиях ориентируются на раскрытие целостности объекта, на выявление всего многообразия связей как внутри объекта, так и с внешним миром, затем все полученные о объекте данные сводятся в единую, целостную картину (теоретическую модель объекта).

Системный подход позволяет организовать нашу деятельность, используя различия онтологий. С его помощью мы «собираем» многоаспектность и много предметность, характерную для любых объектов, в единое целое.

Если системно организовать сферу экологической деятельности, то все ее объекты будут изучаться многоаспектно и целостно. Краеугольным камнем внедрения системного подхода является необходимость реорганизация нашей деятельности на базе слияния различных онтологических и многопрофильных взглядов на объект исследований.

Другими словами, **системный подход** – способ видения мира, направленный на перестройку форм организации научных и практических сфер деятельности. Чтобы внедрить системный подход нужно описать нашу деятельность и мышление в виде

некоторого алгоритма (последовательного выполнения операций или схемы информационных потоков в существующей организации). В целом системный подход предполагает переоценку деятельности и даже смену ценностей (парадигм). Именно это произошло при внедрении системного подхода в экологии. Изменилась парадигма современной цивилизации: **антропоцентризм** (центром всего является человек и общество, т.е. при принятии решений основное внимание уделяется социальным аспектам-«все для человека, все на благо человека») сменяется на **природоцентризм** (центром всего является Природа). Это изменение парадигмы заложено в основе экологической революции, начавшейся в 70-х – 80-х годах XX века и продолжавшейся до настоящего времени.

Развитие методологии экологических исследований прошло все три этапа (стадии), часто называемых в литературе методологическими подходами к решению экологических задач [2].

Первый этап (стадия) – Естественно-объектный подход: вне нас существуют какие-то тела(объекты) и их границы; наша задача их «найти» в природе (при проведении полевых работ). Этот подход пришел из традиционных геологических и географических исследований.

Второй этап (стадия) – Модельно-целевой подход: вне нас есть некие тела (объекты) и границы; наша задача, задавшись определенными целями и задачами, поставленными перед исследованиями, изобразить эти тела и их границы на карте или в виде формализованных графоаналитических, математических и других моделей. Специалисты, используя ранее накопленный опыт, полученный на основе, как правило, естественно-объектного подхода, картографируют территорию или строят модели.

Третий этап (стадия) – Системный (системно-деятельностный): в мире нет ничего кроме нашего мышления и деятельности, в результате которых мы конструируем объекты и их границы, которые нужны нам в нашей деятельности.

В системно-деятельностном подходе субъект (предикт) и объект равноправны.

Выводы

Только системно-деятельностный подход позволяет организовать многоаспектность и много предметность объекта в единое целое. По существу, системно-деятельностный подход есть разборка и сборка (декомпозиция и композиция) нашей деятельности.

В настоящее время используются все три рассмотренных методологических подхода, которые в принципе нельзя считать альтернативными. Их следует рассматривать как этапы развития методологии экологических исследований.

Библиография

1. Богданов А. А. Тектология. Всеобщая организационная наука. Под ред. акад. Л. И. Абалкина, акад. А. Г. Аганбегяна, акад. Д. М. Гвишиани, акад. А. Л. Тахтаджяна, докт. биол. наук А. А. Малиновского. М.: Экономика. 1989. Кн. 1 — 304 с., Кн. 2 — 351 с.
2. Косыгин Ю.А. Земля и время. Хабаровск, 1990, 64 с.
3. Экзарьян В.Н. Геоэкология и охрана окружающей среды. Учебник. Издание второе, переработанное и дополненное. Изд. «ЩИТ-М», М.,2009, 174 с.
4. Экзарьян В.Н. Кризис методологии современной цивилизации и устойчивое развитие. Сергеевские чтения: геоэкологические аспекты реализации национального

проекта «Экология». Диалог поколений. Выпуск 22: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (24 марта 2020 г.). – Москва: РУДН, 2020., с. 7-12.

Секция №15. Математическое моделирование и разведочная геофизика.

*Исследования региональных и локальных аномальных геофизических полей Перу для минерагенического прогноза. Абрамов В. Ю. * (Российский Университет Дружбы Народов (РУДН), 117198, РФ, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, Инженерная академия, e-mail geophy-rudn@mail.ru)*

Аннотация

Сложная геологическая, морфологическая и тектоническая история развития изученных районов Перу создаёт значительные трудности для геофизических исследований и поисков полезных ископаемых в Перуанских Андах. Доклад основан на опыте геолого-геофизических работ при поисках и оценке месторождений меди, золота и алмазов в этом районе.

Была составлена региональная карта гравитации Буге с поправкой на рельеф местности, которая отражает эту сложность. На этой карте преобладает северо-западная ориентировка, которая, вероятно, является результатом палеозойской тектонической границы. Эта граница, по-видимому, по крайней мере локально контролировала более молодые объекты, что привело к значительному наложению структур в этом районе.

Поисковые геофизические работы проводились в провинциях Уануко, Лима и др. в состав комплекса применявшихся методов входили магниторазведочные наблюдения, георадиолокация, измерения вызванной поляризации, геохимическое опробование, шлиховое опробование.

Ключевые слова

геофизические аномалии, Перу, поиски месторождений, алмазы, золото

Теория

Андская горная цепь тянется вдоль западного побережья Южноамериканского континента параллельно зоне субдукции, где океаническая плита Наска погружается под южноамериканскую континентальную плиту.

Район проведения исследований располагался в северной части провинции Хуануко. Были обследованы четыре участка. Значения гравитационного поля рассчитаны по набору данных с применением поправки Буге. На основе этих данных составлена карта аномалий Буге территории Перу и карты аномалий Буге на участках исследований.

Палеовулканические поля в северном Уануко обычно совпадают с высокими гравитационными аномалиями [2, 3]. Непосредственно к северо-востоку от Льяты геология поверхности не смогла бы предсказать серию понижений и максимумов, направленных на север, которые видны на гравитационной карте. Эти аномалии указывают на сложную блочно-разломную подповерхностную структуру в этом районе.

Бассейн Хуаллага и арка Контайя имеют тенденцию простирания к северо-северо-западу [4, 5] и совпадают с несколькими сильными гравитационными минимумами. Разломная и подповерхностная структура этой области получила различные интерпретации, и характер гравитационных минимумов наводит на мысль, что структура является более сложной, чем из одного обрушенного блока (рис. 1, 2).

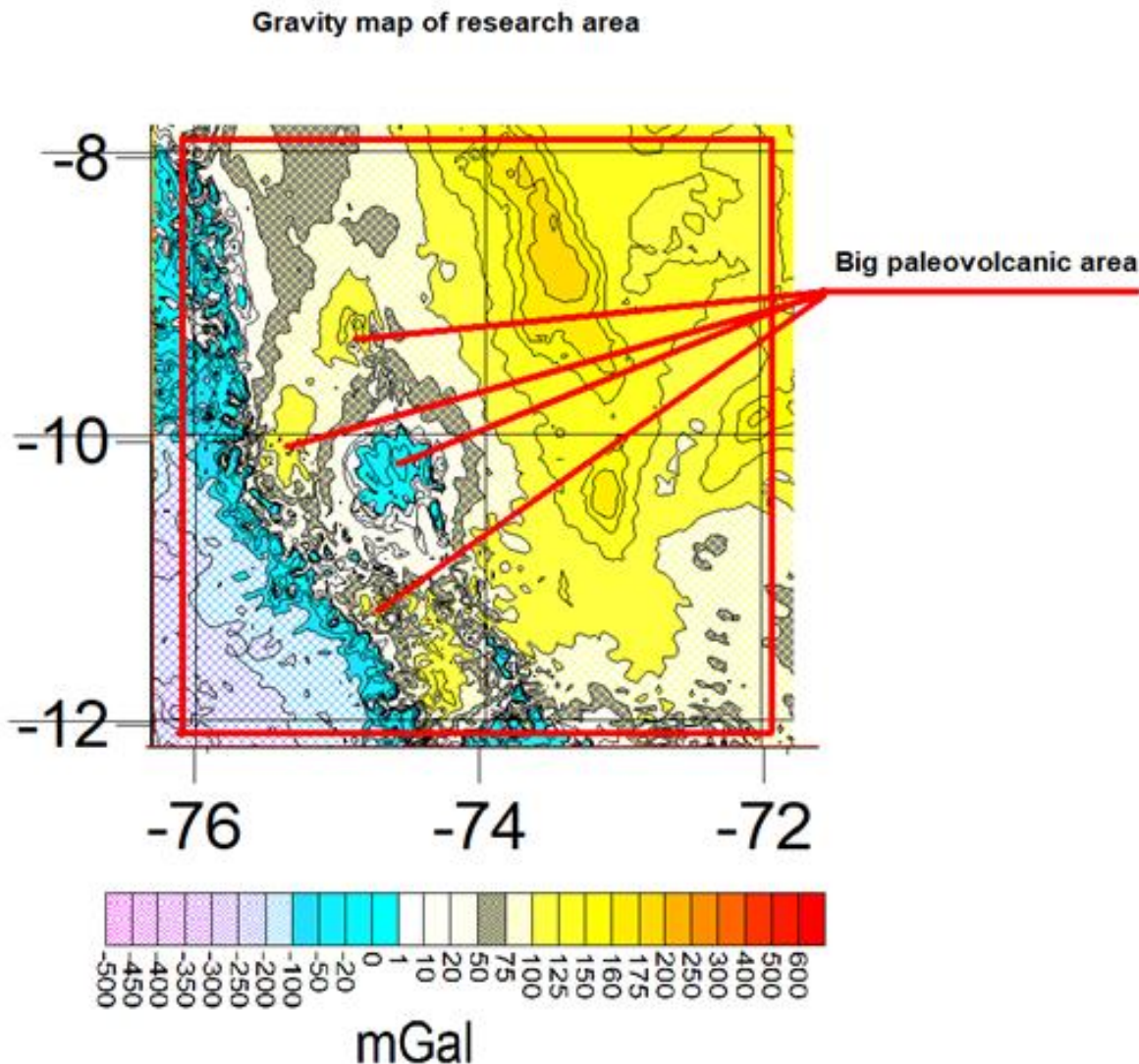


Рисунок 4. Карта гравитационных аномалий Буге исследованной области рисунка,

Magnetic Anomaly Map of Huanuco Area

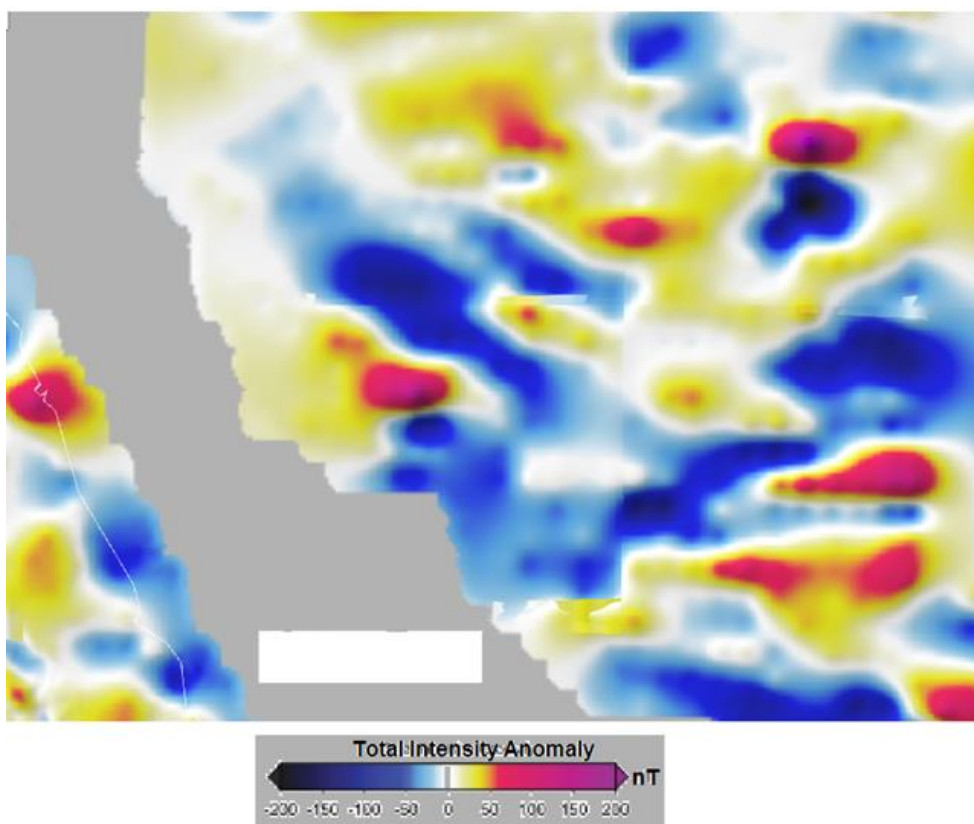


Рисунок 5. Карта региональных магнитных аномалий провинции Уануко

Существует сильный гравитационный максимум, связанный с Восточные Кордильеры. К юго-востоку от Льяты эта высота перестает следовать топографическому направлению гор. Данные магнитных съёмки, использованные в процессе работ, представляют полные значения магнитных аномалий, вычисленные для исходных данных уровня моря и общего магнитного полюса 35 000 нТл.

Представленные в презентации гравитационные и магнитные карты определяют региональную структурную структуру исследуемой области и очерчивают многие местные особенности недр. Северо-западный тренд явно доминирует и, вероятно, является результатом наложения нескольких особенностей. Пояс надвига является одной из таких особенностей, но существующие геологические контрольные и геофизические данные пока слишком скудны для детальной интерпретации. Применение сейсморазведки методом отражённых волн помогло бы очертить некоторые структурные особенности надвига Мараньонской складки, контролирующей структуры фундамента и участки размещения месторождений полезных ископаемых в Перуанском надвиговом поясе.

Выводы

Для проведения поисковых работ была принята физико – геологическая модель на основе представлений и локализации таких месторождений в вулканах, содержащих в жерле лавы основного состава [1,2]. Такие объекты характерны наличием в их центре положительных магнитных и гравитационных аномалий и электрических аномалий с низкими сопротивлениями и высокой поляризуемостью. По электрическим сопротивлениям, томографических измерений вызванной поляризации, результатам магниторазведочных измерений и георадарным зондированиям стало возможным определить положение участков, перспективных на обнаружение коренного меднопорфирового оруденения в вулканогенных породах, и дать рекомендации по проведению заверочных буровых и горных работ. Наконец, на основе этих данных была составлена карта аномалий Буге в Перу и карты аномалий Буге и магнитных аномалий на участках исследований.

Библиография

1. Основы геофизики и геофизические методы разведки: учебное пособие / В. Ю. Абрамов, А. А. Рассказов, Е. С. Горбатов. – Москва: РУДН, 2022. – 143 с. : ил.
2. Дьяконов В.В. Выделение перспективных площадей и их оценка на основе уникального комплекса методов. // Вестник РУДН. Серия Инженерные исследования. 2012, № 2, с. 102 – 106
3. Neil Hodgson at all., Discover Geoscience. A Story of Oil Exploration in the Rainforests of Peru. Geoscience Magazine GEO ExPro Vol. 18, No. 6 Web (2021), 42-47. 13.
4. James M. Wise. Deformation and domains of the central Peruvian Andes: A spatial approach using surface data. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 110, p. 161-175 (2015)
5. Yoshio Fukao et al. Gravity Measurement and Data Reduction for Bouger Anomaly Map of Peru. Bul. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, Vol. 74 (1999), pp. 161-266

Акваторные работы методом электротомографии-вызванной поляризации в зимний период. Докладчик Алексеева Е.И. (АК «АЛРОСА», AlekseevaEI@alrosa.ru), соавтор Федоров Д.Н. (АК «АЛРОСА», FedorovDN@alrosa.ru), соавтор Сачарысов А.С. (АК «АЛРОСА», SacharysovAS@alrosa.ru)*

Аннотация

Детализация магнитной аномалии методом электротомографии-вызванной поляризации (ЭТ-ВП). Работы были проведены над акваторией озера. По результатам работ с достаточной уверенностью можно предположить трапшовую природу аномалии. Работы проведены по льду при низких температурных условиях. Исследования показали высокую эффективность метода ЭТ-ВП в зимний период, преимуществом которого является высокая производительность и относительная простота выполнения измерений. Кроме этого, метод можно применить для детализации аэромагнитных аномалий.

Ключевые слова

Электротомография-вызванной поляризации (ЭТ-ВП), наземная магнитная съемка, магнитная аномалия, акваторные работы.

Введение

Участок работ расположен на территории Республики Саха (Якутия). В геологическом строении района принимают участие архей-протерозойские глубоко метаморфизованные породы кристаллического фундамента, разновозрастные осадочные образования чехла Сибирской платформы и магматические породы трапшовой формации.

В 2022 году на участке была проведена наземная магнитная съемка и по результатам работ выделена аномалия Ан-1 перспективная на обнаружение кимберлитового магматизма. Магнитная аномалия Ан-1 расположена под озером в зоне тектонического нарушения северо-западного простирания (Рисунок 1). Интенсивность аномалии равна 25 нТл, размер 150×100 м, расчётная глубина до предполагаемого объекта 30 м. Схожими характеристиками на данной площади имеет известное тело, что повышало перспективность обнаружения кимберлитового тела. Мощность перекрывающих отложений в ближайших скважинах 20-40 м. По данным магнитной съёмки массивы траппов располагались в 200-250 м к юго-западу.

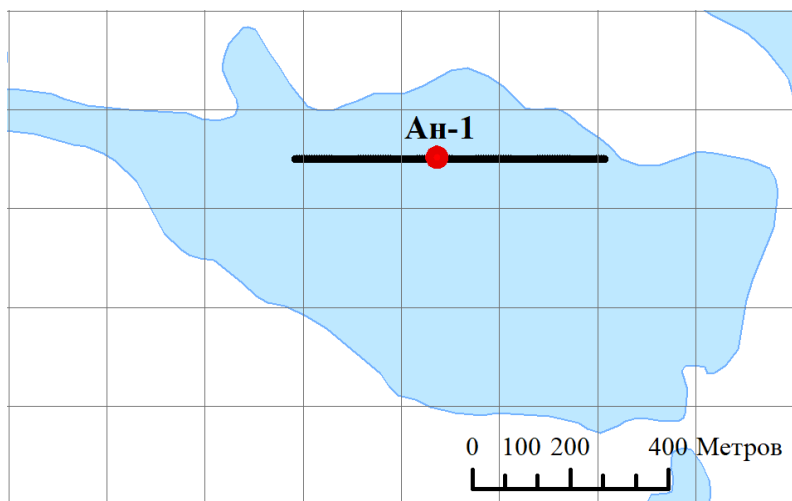


Рисунок 1. Схема расположения профиля

После выделения магнитной аномалии с целью исключения его долеритовой природы и дорогостоящих буровых работ на озере, было принято решение о проведении детализации методом электротомографии-вызванной поляризации (ЭТ-ВП).

Аппаратура

Электротомография – это современная методика геофизических исследований методом сопротивлений, нацеленная на интерпретацию в рамках двумерных и трехмерных моделей [3]. Основным отличием электротомографии от классических вертикальных электрических зондирований является использование многоэлектродных электроразведочных кос и полная автоматизация измерений [1].

Для проведения профильных работ использовался аппаратно-программный комплекс «СКАЛА-64К15», разработанный (КБ Электрометрии). СКАЛА-64К15 — это многоэлектродная измерительная станция, позволяющая подключать до 64 электродов через две многоэлектродные полукосы по 320 м и выполнять выбранный протокол измерений (расстояние между электродами 10 м) [3]. Для определения слоистости разреза использовались установки «Венера α -конфигурации» и «Дипольная», а для выделения и локализации вертикальных неоднородностей, комбинирование прямой и обратной трехэлектродной установки [3].

Методика

Профильные работы на акватории выполнены в ноябре 2022 года. Так как, эпицентр аномалии был расположен под озером работы выполнялись по льду. При работе заземления устраивались в предварительно пробуренные лунки (Рисунок 2). В качестве электродов использовались стальные провода размером 35 см. При этом операторами контролировалось обмерзание электродов, так как при температуре ниже -20°C за сеанс измерений происходит обмерзание электродов. Также, минимизировалось время измерений путем сокращения длительности импульса, паузы и количества накоплений [1].

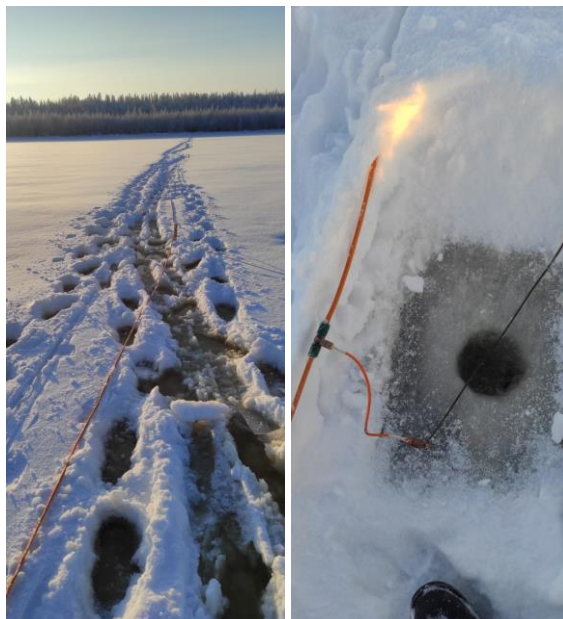


Рисунок 2. . Фото проведения полевых работ

Результаты работ

Работы проходили полностью на озере, над эпицентром магнитной аномалии Ан-1. Выполнен один профиль длиной 630 м. Результаты представлены в виде разрезов УЭС и ВП, а также графиком магнитного поля.

На графике магнитного поля отмечается, что аномалия выделяется повышенными значениями в интервале 220-370 метров, интенсивностью 25 нТл (Рисунок 3 А).

Геoeлектрический разрез имеет двухслойное строение. Верхний низкоомный слой (10-25 Ом·м) на геoeлектрическом разрезе УЭС, представленный проводящими озерными отложениями (Рисунок 3 Б), отмечается до глубины 50-70 м. Далее отмечается высокоомная толща сопротивлением до 7000 Ом·м. В низкоомной толще выделяются локальные высокоомные пластовые объекты, которые коррелируются с магнитной аномалией, с расчетной глубиной 30 м, и вероятно интерпретируются как трапповые образования (от 40 до 200 Ом·м). На разрезе вызванной поляризации на глубинах 25 - 40 метров предполагаемые трапповые образования, отмечаются высокими значениями поляризации от 9 до 23 мВ/В (Рисунок 3 В).

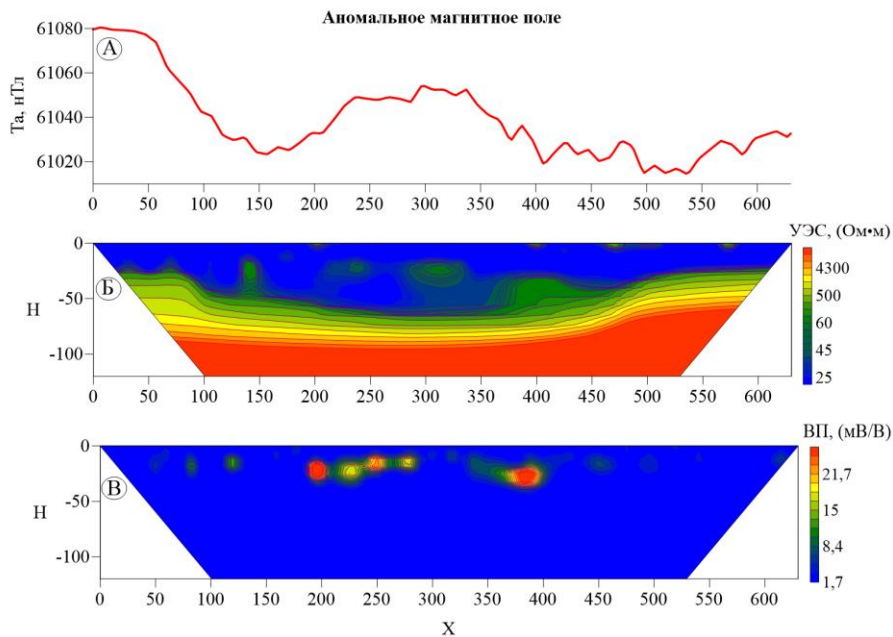


Рисунок 3. А - график аномального магнитного поля, Б - геoeлектрический разрез сопротивления, В - геoeлектрический разрез вызванной поляризации по профилю

Выводы

Подводя итог, можно сказать, что несмотря на работы при низких температурных условиях акваторные работы позволили достаточно точно уточнить природу аномалии. Исследования показали высокую эффективность метода ЭТ-ВП в зимний период, преимуществом которого является высокая производительность и относительная простота выполнения измерений. Кроме этого, метод можно применить для разбраковки геофизических аномалий.

Благодарности

Выражаю благодарность АК «АЛРОСА», непосредственно руководителю группы НГМ Федорову Денису Николаевичу и эксперту Адарову Тимофею Дмитриевичу, за то, что дают возможность развиваться и проявлять себя.

Библиография

1. Балков Е. В., Панин Г. Л., Манштейн Ю. А., Манштейн А. К., Белобородов В. А. Электротомография: аппаратура, методика и опыт применения. – Новосибирск ИНГГ СО РАН, 2009.
2. Оленченко В. В., Калганов А. С. Методические рекомендации по применению метода ЭТ-ВП для решения алмазопромысловых и инженерно-геологических задач / Оленченко В. В., Калганов А. С. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2020 – 24 с.
3. Электроразведка: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей. Том II Малоглубинная электроразведка/ под редакцией проф. В.А. Шевнина, доц. А.А. Бобачева – М.: МГУ, 2013 – 21 с.

4. Якубовский Ю.В., Ренард И.В. Электроразведка. - М.: Недра, 1991.

Уточнение коллекторских свойств мезозойских мегарезервуаров в рамках оценки величины нефтегазовых ресурсов на Приамальском шельфе Карского моря.

Алтухов Е.Е. (МГРИ, eugene.altukhov@mail.ru), Сидорчук Е.А. (ИПНГ РАН, elena_sidorchuk@mail.ru), Фомичёва А.С. (МГРИ, foma.anya0512@gmail.com)*

Аннотация

Исследования по тектонике, стратиграфии и нефтегазоносности позволили сформировать базу геолого-геофизических данных Приамальского шельфа Карского моря. С использованием новых данных по морской скважине 1 Харасавэй-море выполнено уточнение коллекторских свойств юрских и меловых мегарезервуаров. Построены литолого-петрофизические модели продуктивных пластов сеноман-альб-аптских отложений мелового возраста. Для определения характера насыщенности мезозойских мегарезервуаров и их фильтрационно-емкостных свойств получены петрофизические зависимости «кern-кern» и «кern-ГИС».

Полученные результаты по уточнению особенностей геологического строения, в том числе коллекторских свойств, мезозойских мегарезервуаров положены в основу бассейновой геолого-геохимической модели Приамальского шельфа. Оценка величины нефтегазовых ресурсов проведена по данным распределения нефтегазоматеринских толщ на изучаемой территории.

Ключевые слова

Фильтрационно-емкостные свойства, характер насыщенности, коллектор, мегарезервуар, нефтегазовые ресурсы.

Источники финансирования

Работа написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Научно-методические основы поисков и разведки скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам осадочного чехла» № 122022800253-3).

Теория

Прогноз скоплений углеводородов, особенно с потенциально крупными и уникальными запасами, является актуальной задачей всю историю развития нефтегазовой геологии [5]. К настоящему времени многие исследователи считают, что основные потенциальные ресурсы углеводородов континентального шельфа (85%) размещаются на шельфе Арктических морей.

В тектоническом отношении рассматриваемый район Приамальского шельфа Карского моря (рисунок 1) входит в крупный структурный элемент – Южно-Карскую синеклизу – акваториальное продолжение Западно-Сибирской плиты. На шельфе были открыты уникальные Ленинградское и Русановское месторождения, а в переходной зоне суша-море Крузенштернское и Харасавэйское [6]. Основные запасы газа и конденсата приурочены к верхней части танопчинской свиты. В породах марресалинской свиты (верхний мел) найдены крупные скопления сухого газа. По результатам работ был

составлен сводный литолого-стратиграфический разрез Приямальского шельфа.

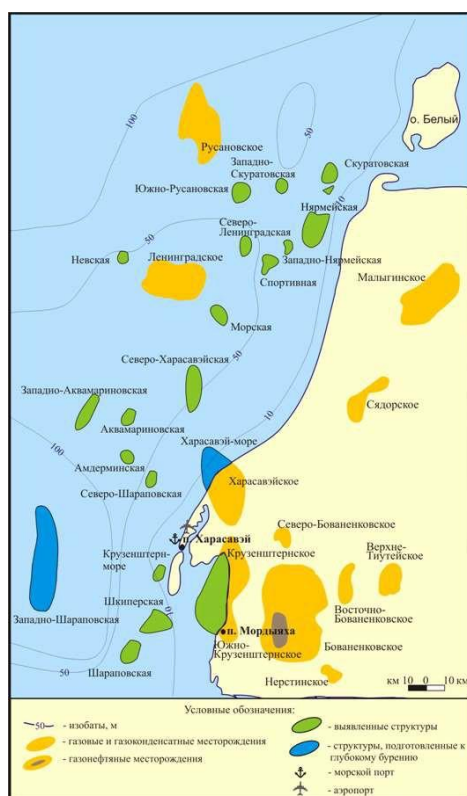


Рисунок 6. Обзорная схема Приямальского шельфа Карского моря с прилегающей сушей.

Поисково-оценочное бурение в пределах Приямальского шельфа проводилось в период 1987-1990 гг. силами ФГУП "Арктикморнефтегазразведка". В целом, комплекс ГИС, проведенный в скважинах Русановского, Ленинградского, Харасавейского, Крузенштернского и Бованенковского месторождений, позволяет решить задачи корреляции, литологического расчленения разреза, выделения коллекторов и определения характера их насыщенности и геологических параметров. Продуктивными и перспективными в нефтегазоносном отношении на месторождениях являются сеноман-альбские и апт-барремские отложения (марресалинская, яронгская и танопчинская свиты). Залежи газа сосредоточены в мощной толще переслаивания песчано-алевритистых и алевро-глинистых пород. На начало 2015 г. на территории Крузенштернского ЛУ все пробуренные скважины расположены в пределах суши. В 2015 г. на Крузенштернском месторождении пробурена с суши наклонно- направленная разведочная скв.2, которая вскрыла продуктивные отложения в акваториальной части месторождения.

Объём лабораторных исследований керна и пластовых флюидов на месторождениях Приямальского шельфа (Русановском, Ленинградском, Крузенштернском) не достаточен для объективной характеристики флюидов и коллекторов, слагающих продуктивный разрез. Поэтому имеющаяся информация была дополнена материалами исследований по близлежащим месторождениям суши: Харасавэйскому, Крузенштернскому (суша), Бованенковскому.

Для учета влияния литологических особенностей пород, при анализе распределения физических свойств, была выполнена группировка пород с формализацией таких параметров, как содержание песчаной, алевритовой, глинистой фракций и карбонатности. Были выделены классы пород. Массовое определение карбонатности на образцах керна с измеренными величинами проницаемости и пористости при сопоставлениях показывают прямую связь увеличения проницаемости, пористости при уменьшении карбонатности в породах всех отложений Харасавэйского месторождения. Петрофизические зависимости типа «кern-кern» и «кern-ГИС» получены с помощью регрессионного анализа и оптимизации параметров теоретических моделей (рисунок 2).

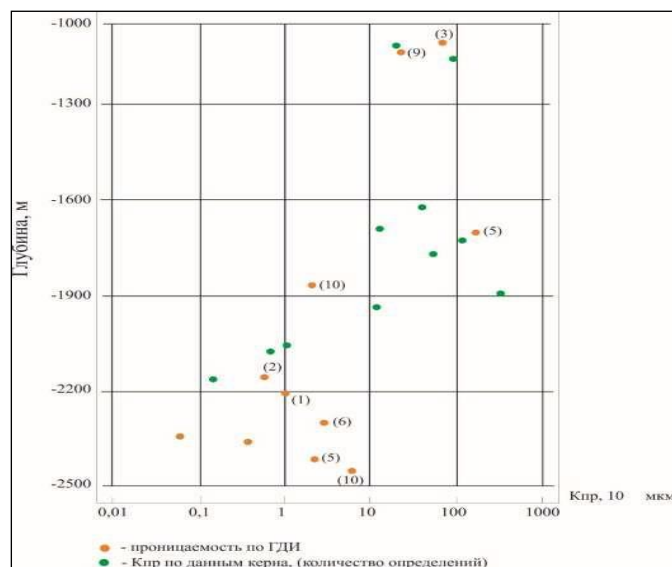


Рисунок 7. Сопоставление проницаемости коллекторов по данным гидродинамического картожа и исследований керна в разрезе скв. 1 Ленинградского месторождения (по материалам КТП ГУП «Арктикморнефтегазразведка»)

Алгоритмы интерпретации скважин Ленинградского и Русановского месторождений основаны на литолого-петрофизических моделях Харасавэйского и Бованенковского месторождений с учётом имеющихся данных по Ленинградскому и Русановскому месторождениям и согласуются с геологическими моделями, принятыми при утверждении запасов в ГКЗ [3, 7].

На базе новых данных морской скважины на месторождении Харасавэй, сейсмической съемки 3D последних лет в акватории месторождений Крузенштернское-море и Харасавэй-море, обширного геолого-геофизического материала по газовым месторождениям Ямала (Бованенковское и другие) выполнена интегрированная интерпретация геолого-геофизических данных [1, 2, 4].

Литология выделенных стратиграфических горизонтов при моделировании была задана при помощи «смешивания» в разных процентных соотношениях основных литотипов пород из литологической библиотеки Petromod (глины, песчаники, алевролиты, конгломераты, угли и кремни на разных стадиях преобразования в диагенезе). Каждый литотип характеризуется собственным набором петрофизических и

теплофизических параметров, значения которых в «литологической смеси» рассчитывались автоматически программой исходя из процентного содержания в ней разных компонентов.

Для апробации литолого-петрофизических моделей продуктивных пластов сеноман-альб-аптских отложений мелового возраста выполнена комплексная интерпретация геофизических исследований скважин, пробуренных на шельфе Карского моря. Используются материалы по скважинам 1 и 2 Русановского, 1 и 2 Ленинградского месторождений, Харасавэй-море-1, 2 Крузенштернская, а также на близлежащих месторождениях суши - скважинам 56, 63, 68, 100, 111 Бованенковского и 6, 9, 10, 43, 51 Харасавэйского месторождений.

Выводы

Для уточнения фильтрационно-емкостных свойств и характера насыщения коллекторов проведена интегрированная интерпретация имеющихся геолого-геофизических материалов. Оценены средние и граничные значения, диапазоны изменения коэффициентов пористости, абсолютной газопроницаемости, остаточной водонасыщенности пород-коллекторов рассматриваемых месторождений.

По результатам геофизических работ и сейсморазведки МОГТ изучено геологическое строение осадочного чехла, выделены основные структурные элементы, литолого-стратиграфические комплексы и нефтегазоносные мегарезервуары.

Проведена оценка углеводородного потенциала изучаемой территории, для чего был использован метод бассейнового моделирования. Выполненные работы позволили подтвердить высокий углеводородный потенциал и обосновать нефтегазовые ресурсы юрско-меловых мегарезервуаров Приямальского шельфа Карского моря.

Библиография

1. Дзюбло А.Д., Сидоров В.В. Информационно-аналитические системы комплексной обработки данных как средство повышения эффективности геологоразведочных работ на континентальном шельфе // Газовая промышленность. 2015. №1. С.79-82.
2. Дзюбло А.Д., Алтухов Е.Е., Бенько Г.А. Поверхностный газ как риск при освоении нефтегазовых месторождений в Обской и Тазовской губах Карского моря // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и море. 2021. №6 (342). С. 52-58.
3. Кондратьева Л.А., Колотущенко Л.Д., Трухин В.Ю., Вотякова Т.А. Дополнение к комплексному проекту ГРП на Бованенковском лицензионном участке (СЛХ 02044 НЭ) // ООО «ЦНИП ГИС». Москва. 2016.
4. Огибенин В.В., Дорошенко А.А. Оперативный подсчёт запасов углеводородов сеноманской залежи Крузенштернского месторождения // ООО «Газпром геологоразведка». Тюмень. 2013
5. Сидорчук Е.А., Добрынина С.А. Влияние характеристик коллектора на крупность запасов углеводородов в природных резервуарах // SocarProceedings. 2022. Спецвыпуск 2. С. 23-29.

6. Ступакова А. В. Структура и нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа и прилегающих территорий // Геология нефти и газа. 2011. № 6. С. 99 – 115.
7. Трухин В.Ю., Вотякова Т.А., Чурикова И.В. и др. Пересчет запасов газа, конденсата и нефти Бованенковского НГКМ Ямальской нефтегазовой области // ООО «ЦНИП ГИС». Москва. 2014.

Автоматическое выделения вступлений на сейсмических волнах методом STA/LTA. Афанасьева Н.О. (МГРИ, afanasievan@mgri.ru), Морочко А.Ф. (МГРИ, morochkoaf@mgri.ru)*

Аннотация

Одним из методов определения упругих свойств является импульсный динамический метод, при котором через образец пропускаются импульсы ультразвуковых колебаний.[1] При проведении экспериментов с образцами породы в установке GCTS в центре петрофизических и геомеханических исследований ИФЗ РАН (рис.1) получены массивы данных и построены сейсмотрассы. Начало сейсмотрасс не имеет содержательной информации, так как в этот момент установка запускается и записывает лишь шумы. А следующая часть графика необходима для решения различных геофизических задач, это и есть сейсмосигнал. В этой статье рассмотрен способ обнаружения начала сейсмосигнала, выделяемого для дальнейшей обработки.

Ключевые слова

Сейсмотрасса, тензор напряжения, тензор деформации, вступление волн P и S, лабораторная установка GCTS, STA/LTA метод, сейсмические волны.

Теория

Сейсмические волны – это волны, переносящие энергию упругих (механических) колебаний в горных породах. Волны бывают P – продольные (первичные) и S – поперечные (вторичные).



Рисунок 1. Установка GCTS.

Первоочередной задачей в процессе обработки сейсмических сигналов является обнаружение самого сигнала – определение моментов вступления прямых продольных P и поперечных S волн.

В ходе изучения полученных данных было решено использовать метод STA/LTA. В основе алгоритма автоматической обработки цифровых трехкомпонентных сейсмограмм применена методика детектирования сейсмических событий, основанная на анализе отношения амплитуд в коротком и длинном временных окнах (STA/LTA – Short Time Average to Long Time Average), которым моделируется отношение сигнал-шум (SNR – signal – to – noise ratio).[4]

Если f_i – отсчеты сейсмической записи, N_{STA} и N_{LTA} – количество отчетов коротко- и длиннопериодного усреднения, то критерий STA/LTA для k -го отчета выражается соотношениями:

$$STA_k = \frac{1}{N_{STA}} \sum_{i=1}^{N_{STA}} |f_{k+i}|,$$

$$LTA_k = \frac{1}{N_{LTA}} \sum_{i=1}^{N_{LTA}} |f_{k+i}|,$$

$$SNR_k = \frac{STA_k}{LTA_k}.$$

Для рассмотрения системы выбрано $N_{STA} = 50$ (0,01с) и $N_{LTA} = 500$ (0,1 с).

Вопросы применения критерия STA/LTA для сейсмических событий подробно рассмотрены в работе [3].

В случае превышения порогового значения STA/LTA событие считается обнаруженным. Превышение заданного порога коэффициентом SNR позволяет предполагать обнаружение вступления волн P и S (рис.2). [2]

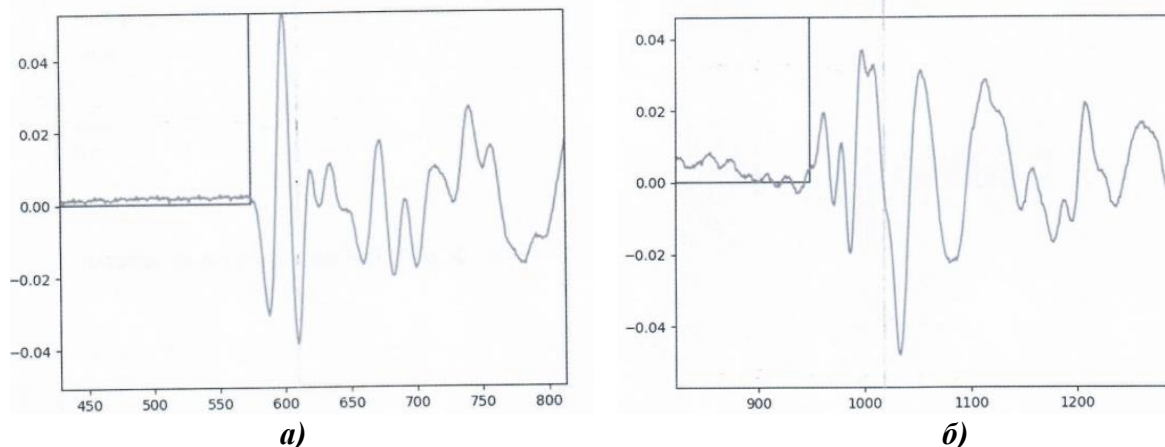


Рисунок 2. Результат выделений вступлений для P(0) (а) и S(0) (б) волн методом STA/LTA.

В приведенном фрагменте STA и LTA – это вектора размером больше 4000 значений. После деления получается ещё один вектор x , и в нем требуется найти индекс

i , при котором $x[i + 1] - x[i]$ принимается максимальное значение (или просто больше заданного порога).

При создании программы автоматического детектирования было проведено исследование зависимости индекса i от длины окна для 120 экспериментов (трасс) (рис.3.)

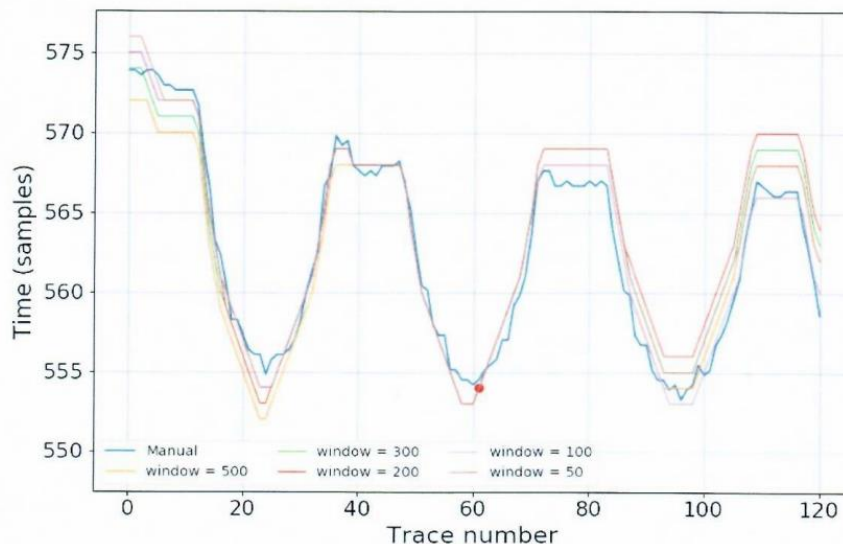


Рисунок 3. Индексы вступлений, полученные вручную и автоматически для различных длин (в единицах отсчетов) временных окон

Разработанная на языке Python программа рассчитывает индекс отсчета вступления волны по заданным оператором длинам окон.

Выводы

Работа выполнялась на базе центра петрофизических и геомеханических исследований ИФЗ РАН, как отдельный блок для внедрения в более большую работу над полученными экспериментальным путем данными. Была систематизирована работа для автоматического выделения вступления на большом количестве волновых трасс типа P и S. Применяемый метод показал эффективность такого же порядка, как метод с автокорреляционными функциями при обработке данных лабораторных исследований.

Библиография

1. Донецкий Национальный Технический Университет [Электронный ресурс] – Электрон. Дан. – URL: http://masters.donntu.edu.ua/2003/kita/mukham_adyeyev/diss/in dex.htm.
2. Обработка и интерпретация материалов сейсморазведки.: <https://infopedia.su/5xcb9.html>
3. Харитоновна М.А., Гилева Н.А. Автоматическая обработка региональных землетрясений Прибайкалья и Забайкалья. // 2012, с 27 Кравченко Г.Г. Введение в нефтегазовую информатику: сейсморазведка

4. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The Rock Physics Handbook: Tools for Seismic Analysis of Porous Media // United States of America by Cambridge University Press, New York, 2009. 511 p

*Проблема детекции низкоскоростных объектов межскважинным сейсмическим просвечиванием при инженерно-геологическом сопровождении строительства. Беркунов К.С. *(МГРИ, ks.berkunov@gmail.com), Алтухов Е.Е. (МГРИ, aee@mgri.ru), Рассадкин А.А. (ГБУ «Мосгоргеотрест», rassadkin_alexey@mail.ru)*

Аннотация

Основная идея метода межскважинной томографии состоит в просвечивании среды сейсмическими лучами по определенной системе измерений. На основании наблюдаемых времен первых вступлений сейсмических волн строятся карты скоростей распространения сейсмических волн, которые в свою очередь, позволяют перейти к оценке упруго-деформационных и прочностных свойств межскважинной среды.[6]

Методика и технология межскважинной сейсмической томографии заключается в возбуждении упругих колебаний в одной скважине и приеме их в другой. В практике межскважинных сейсмотомографических исследований в зависимости от конкретных задач и условий применяются различные системы наблюдений.[6]

Однако проблема в том, что с помощью МСП затруднительно искать низкоскоростные аномалии, так как сейсмическая волна распространяется по минимальному времени, и в случае, если стоит задача по поиску карстовых полостей, которые являются низкоскоростными, мы не получим информацию о поисковом объекте.

Ключевые слова

Геофизические исследования скважин, межскважинное сейсмическое просвечивание, скважинная сейсмическая томография.

Теория

Межскважинное сейсмическое просвечивание (МСП) выполняется по полнолучевой схеме, суть которой заключается в регистрации сейсмических лучей из всех фиксированных точек излучающей скважины во все фиксированные точки приемной скважины. То есть томографическая схема предполагает заполнение всего межскважинного пространства пересекающимися лучами.[2]

Способ заполнения межскважинного пространства лучами зависит как от применяемых источников, так и от приемников.[5]

При выполнении МСП на продольных волнах с использованием 24-х точечной косы использовалась следующая методика.

Коса фиксировалась в скважине А так, чтобы нижний канал был на забое. Излучатель при этом перемещался в скважине Б с шагом 1 м весь рабочий интервал (от самой глубокой точки скважины до окончания воды в ней). На каждой точке скважины Б производилось от 5 до 10 накоплений для улучшения соотношения сигнал/шум.

Визуализация этой схемы представлена на Рисунке 1. На ней синим цветом показаны приемники косы в первом положении, а также лучи, зарегистрированные этими приемниками от источников во второй скважине. Зеленым цветом то же для второго положения косы. Для облегчения восприятия рисунка на косах показаны не 24, а только 6 каналов.

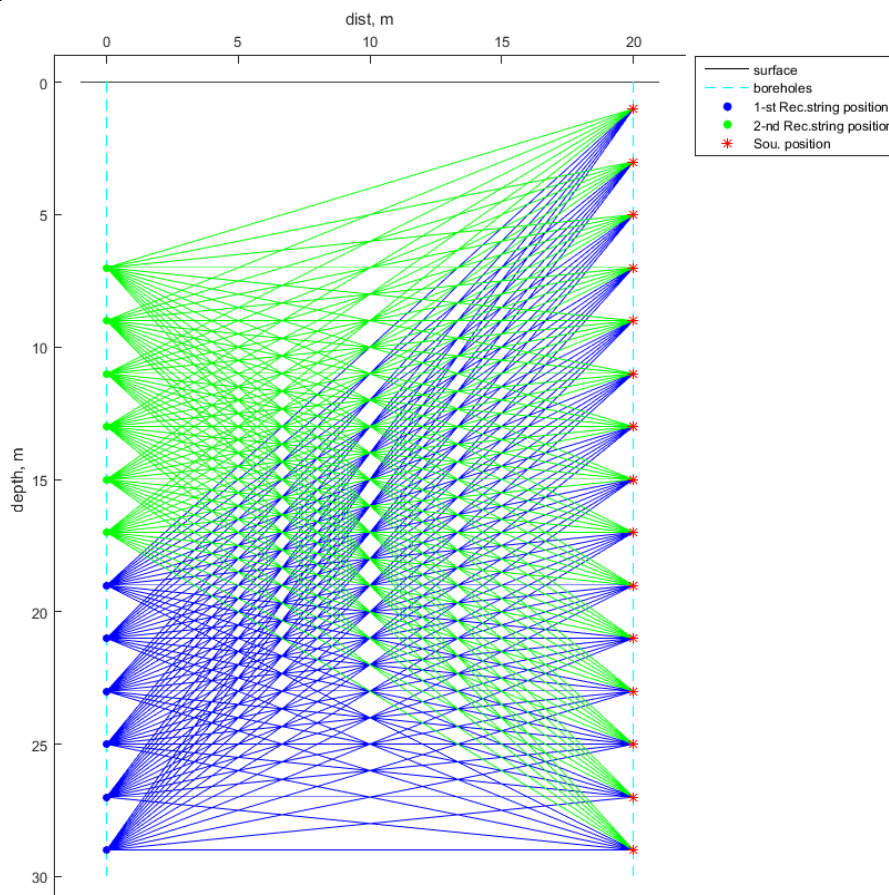


Рисунок 1. Последовательность работ при производстве полевых наблюдений по методу МСП.

Таким образом, шаг между приемниками и источниками при производстве наблюдений по методу МСП на Р-волнах составил 1 м.

Выбор, в какой из пары скважин должен располагаться приемник, а в какой источник, не является принципиальным, так как для томографических расчетов требуется знание времени распространения волны из одной точки в другую. Поэтому для каждой пары скважин ее тип (излучающая или приемная) выбирается исходя из удобства размещения приборов или по иным внешним причинам.[3]

При дальнейшей обработке данные разделяются и обрабатываются по каждой паре отдельно. Пример результата проведения МСП представлен на Рисунке 2.

По результатам МСП на глубине 60-65 метров присутствуют аномалии. Этому свидетельствует понижение скорости распространения волн, из чего можно сделать вывод наличия пустот на данной глубине.

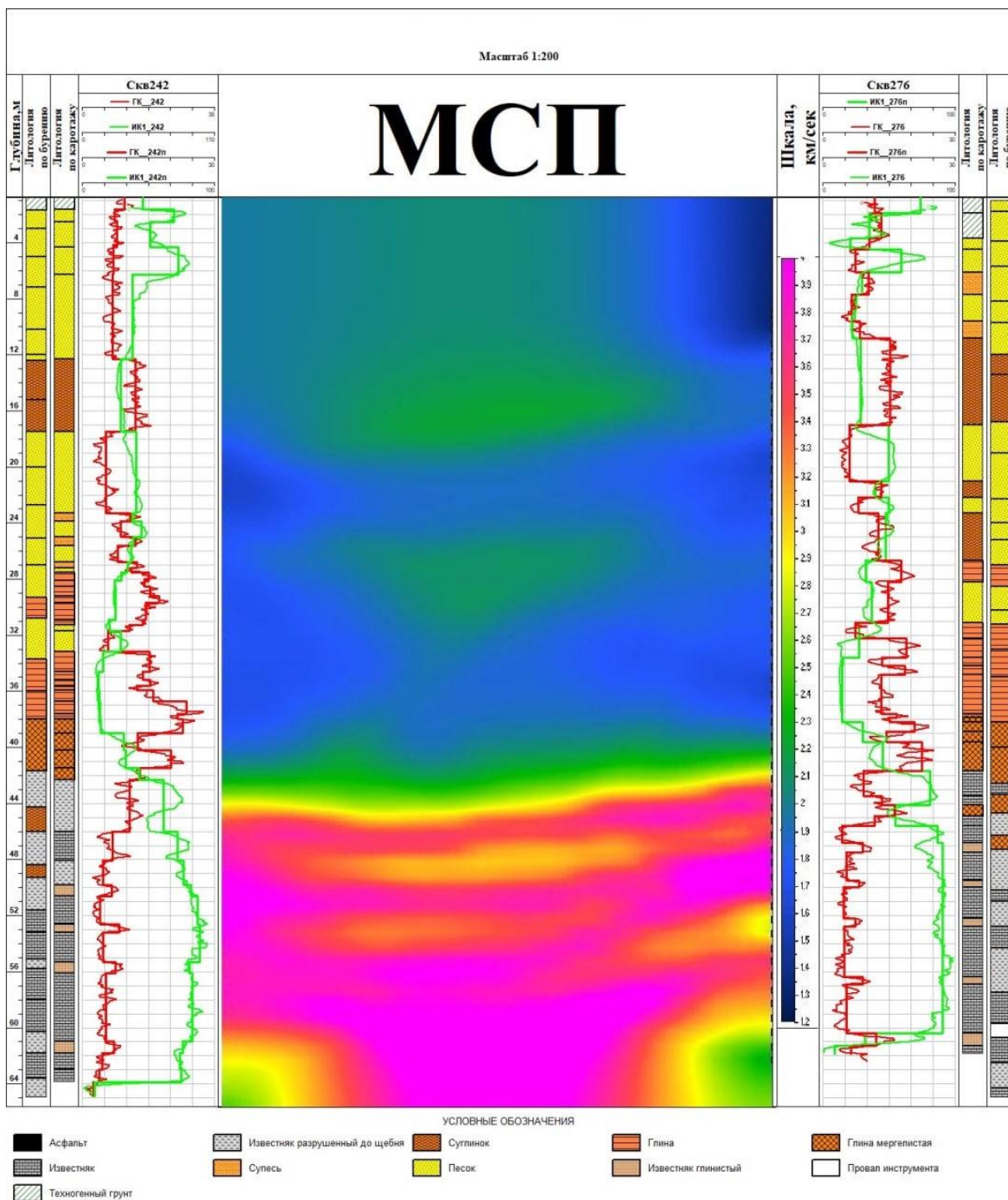


Рисунок 2. Результат межскважинного сейсмического просвечивания.

По результатам МСП на глубине 60-65 метров присутствуют аномалии. Этому свидетельствует понижение скорости распространения волн, из чего можно сделать вывод наличия пустот на данной глубине.

Выводы

При условии строительства сложных подземных сооружений, таких как станции метрополитена, с большим количеством этапов горной проходки и сложностью горнопроходческих работ, возможно возникновение просадки земной поверхности, что в свою очередь может привести к деформации вышележащей толще грунта и нарушению прочности и устойчивости сооружений, находящихся вблизи проводимых работ.

Для решения проблемы снижения деформации земной поверхности необходимо применить мероприятия по инъекционному нагнетанию в основания зданий (превентивное закрепление грунтов и компенсационные нагнетания при неравномерных осадках), попадающих в область влияния строительства подземных сооружений.

Библиография

1. Ошкин А.Н., Рагозин Н.А., Игнатьев В.И., Ермаков Р.Ю. Межскважинное сейсмическое просвечивание – опыт, методология, аппаратура, 2016 г.
2. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка, Недра, Москва, 1980 г.
3. Ильичев В.А., Игнатов О.И., Лавров И.В., Мариупольский Л.Г., Михеев В.В., Петрухин В.П., Трофименков Ю.Г. Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве, Москва, 2004 г.
4. Лебедев М.О., Дорохин К.А. Применение скважинной сейсмической томографии для оценки эффективности мероприятий по закреплению грунта. 2020 г.
5. Шувалов А.А., Игнатьев В.И., Поликарпов И.А., Коньков А.И., Рагозин Н.А., Ошкин А.Н. Межскважинное сейсмическое просвечивание - эффективный инструмент детального изучения среды при проектировании объектов строительства повышенного уровня строительства. 2018 г.
6. Мухаметшин А.М., Болгаров А.Г. Сейсмотомографические исследования и методика выполнения работ на площадке высотного строительства. 2008 г.

Выявление признаков зоны поглощения бурового раствора на основании данных станции ГТИ и меры предотвращения поглощения. Богословский В.М.* (МГРИ, bogoslovskiyvm@gmail.com), Алтухов Е.Е. (МГРИ, aee@mgri.ru)

Аннотация

Рассматривается возможность выявления поглощения и предотвращения бурового раствора по данным ГТИ

Ключевые слова

Буровой раствор, поглощение, ГТИ

Теория

Буровые растворы при строительстве нефтяных и газовых скважин решают сложные технико-технологические задачи и во многом определяют успешность достижения конечной цели по извлечению из недр земли углеводородов. Поглощение буровых растворов при бурении скважин является одним из наиболее распространенных и сложных видов осложнений, требующих больших затрат средств и времени на их ликвидацию. [1]

Существует несколько вариантов определения термина «поглощение»:

- поглощением называется уход бурового раствора в пласт, превышающий естественную убыль раствора в скважине;
- поглощение представляет собой нарушение равновесия между давлением жидкости в скважине на пласт $P_{ст}$ и пластовым давлением в проницаемой породе (коллекторе) $P_{пл}$, приводящее к движению технологической жидкости в пласт при $P_{ст} > P_{пл}$;
- поглощение буровых растворов при проводке скважины – это осложнение, происходящее из-за превышения давления в скважине над пластовым и наличия открытых и сообщающихся каналов в пласте;
- следствием поглощения является полная и частичная потеря циркуляции промывочной жидкости раствора в процессе бурения, промывки или крепления скважины.[3]

Поглощение происходит только в том случае, если гидростатическое давление в скважине или сумма гидростатического или гидродинамического давления в скважине превысит то предельное значение давления, при котором пласт начинает принимать буровой раствор. Это может произойти при выполнении различных технологических операций: восстановлении циркуляции, проработке ствола скважины, бурении, креплении. Причиной поглощения может также стать превышение плотности раствора над расчетной. При этом меняется соотношение значения давления в скважине и пласте. [2]

Существуют признаки для своевременного определения зон поглощения:

- При поглощении уменьшается расход промывочной жидкости на выходе, уменьшается объем жидкости в приемных емкостях;
- При разбурировании интервалов поглощения возможны провалы инструмента и увеличение механической скорости бурения;

В дополнение к этим параметрам, которые можно оценить, используя аппаратуру ГТИ (датчики объема бурового раствора, и литража на входе и выходе, рисунок 1), также рассмотрим способы ликвидации поглощения с использованием данных ГТИ.

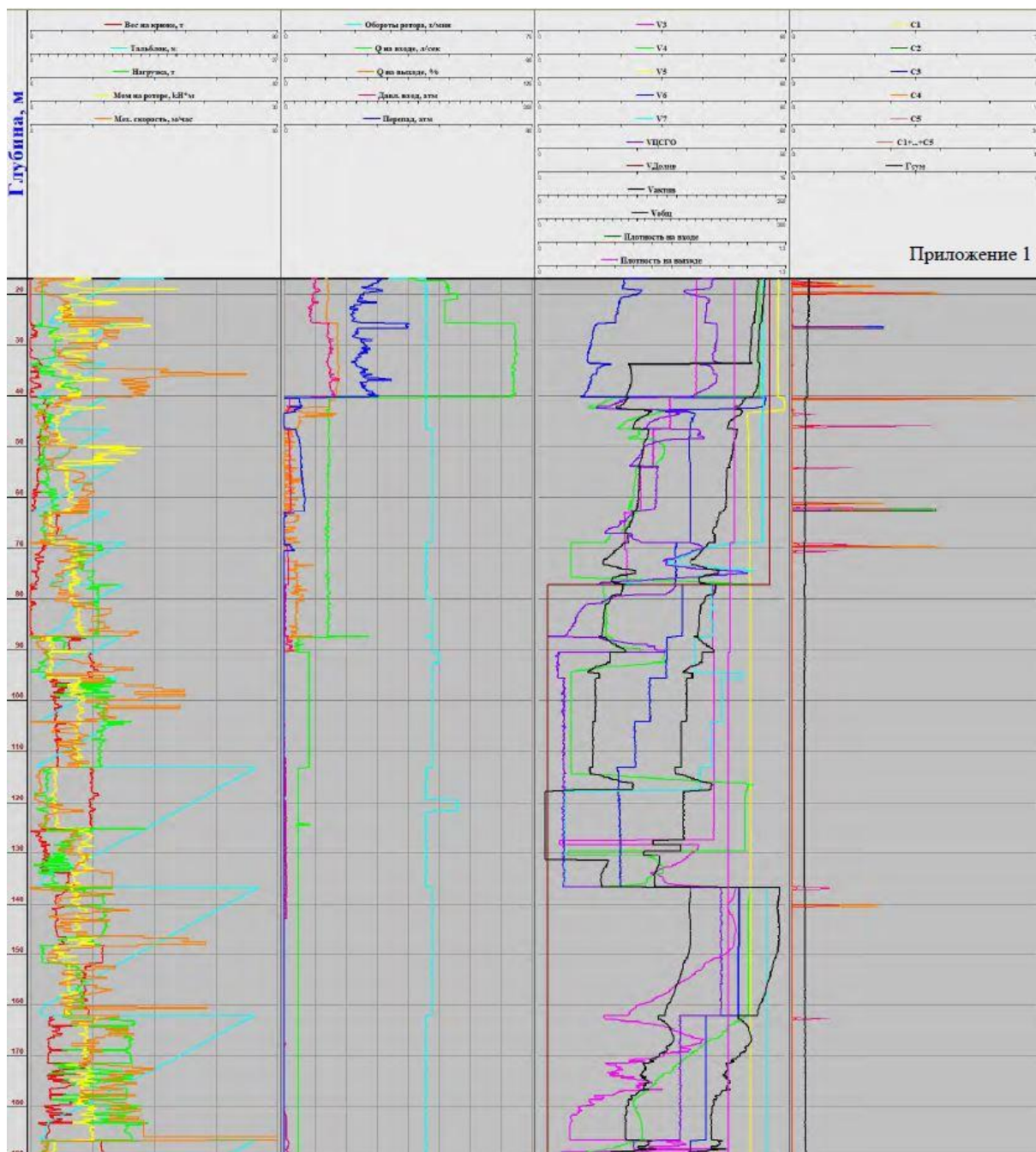
Одним из видов закупорки поглощающих каналов является способ закачки в пласт структурированного раствора, создающего с течением времени в проводящих каналах поглощающего пласта жесткую структурированную сетку. Наиболее распространенным способом ликвидации поглощений является заливка поглощающего пласта специальными тампонажными смесями.

Для ликвидации поглощений промывочной жидкости широко применяют пакеры различных конструкций, которые герметизируют и разобщают затрубное пространство в целях:

- предотвращения разбавления тампонирующих смесей;
- возможности применения БСС с небольшими сроками схватывания;
- задавливания тампонирующих смесей в поглощающие каналы;
- определения места расположения пласта, поглощающего жидкость методом последовательных опрессовок ствола скважины;
- определения возможности замены воды глинистым раствором (особенно при бурении на площадях с повышенным пластовым давлением) при создании различных перепадов давления на пласты, поглощающие жидкость;

После спуска пакера в скважину до нужной глубины в бурильные трубы закачивают промывочную жидкость. Центральное отверстие клапана, создавая сопротивление движению жидкости, вызывает повышение давления в стволе пакера. Под действием давления штифты срезаются, а плунжер с плашками движется вверх. Конус отжимает плашки к стенкам скважины и при посадке (подаче вниз) бурильных труб плашки окончательно заклинивают пакер, а резиновый элемент сжимается, разобщая зону поглощения от затрубного пространства. Цементный раствор (смесь) закачивают в пласт, поглощающий жидкость, а пакер извлекают на поверхность. При подъеме пакера его конус освобождает плашки, которые пружиной возвращаются в транспортное положение. [4]

На рисунке 1 представлены плотномеры для контроля промывочной жидкости, а также глубиномер, для контроля спуско-подъемных операций.



Приложение 1

Рисунок 8. Пример показаний датчиков ГТИ

Выводы

Данные станции ГТИ позволяют своевременно определить зоны поглощения бурового раствора, а также важны при ликвидации поглощений промывочной жидкости.

Библиография

1. Технология и техника бурения: учеб. пособие /В.С.Войтенко [и др.]; под общ. ред. В.С. Войтенко. В 2 ч. Ч. 2. Технология бурения скважин. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. — 613 с.
2. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин: учеб. пособие / А.П. Предеин. — Пермь: Издво Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. — 381 с.
3. Предупреждение и ликвидация осложнений, аварий и брака при строительстве скважин: учебное пособие / И. Г. Яковлев, В. П. Овчинников, А. Ф. Семенов, Т. М. Семенов. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 156 с.
4. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: учебник для студентов вузов. — В 5 т. Т. 2 / под общ.ред. В. П. Овчинникова. — Тюмень: ТИУ, 2017. — 560 с.

Сравнение результатов замеров variability гравитационного поля между двумя гравиметрами ГНУ-КВ. Бойко А.М. (МГРИ, anna.maksimovna.b@gmail.com), Ерохин А.М.* (ООО «Петровайзер», erokhin_am@petroviser.ru), Белов А.П. (МГРИ, belovap@mgri.ru), Лобанов А.М. (МГРИ, lobanovam@mgri.ru), Кудрявцева У.Д. (ООО «Петровайзер», kudryavtseva_ud@petroviser.ru), Венедиктов К.В. (ООО «Петровайзер», venediktov_kv@petroviser.ru)*

Аннотация

В МГРИ им. С.Орджоникидзе обратили внимание на возможность использования чувствительного элемента гравиметра ГНУ-КВ для качественного и количественного изучения низкочастотных колебаний грунтов в диапазоне частот 0,05 – 0,5гц. Чувствительный элемент гравиметра представляет собой горизонтальный астазированный маятник в виде сейсмографа Б.Б. Голицына. Метод измерения приращений силы тяжести – компенсационный, - с помощью измерительного микрометренного устройства и компенсационной пружины.

Мы рассматриваем гравиметр ГНУ-КВ как бинарный прибор для одновременного измерения как вариаций силы тяжести (гравитационного поля), так и для регистрации и дальнейшей обработки инерциальных низкочастотных колебаний грунтов в диапазоне 0.05 – 0.5гц, оценки ускорений таких колебаний и определения амплитуд смещения грунтов. Для этого нами был заменен оптический окуляр гравиметра на электронный, а маятник гравиметра был выведен в режим свободных колебаний, которые записывались и оцифровывались в режиме реального времени с частотой 0.2с. на компьютере. Собственная частота чувствительного элемента гравиметра ГНУ-КВ равна 0,1 – 0,2гц, почти такая же, как и у стационарных сейсмографов. Чувствительность гравиметра к инерциальным и гравитационным ускорениям порядка 3-5 мкГал., что достаточно для записи инфранизких частот колебаний грунтов в диапазоне 0,05 – 0,5гц. [1, 4]

Ключевые слова

Гравиметр, колебания, маятник, сейсмограф, грунт.

Источники финансирования

На данном этапе финансирование отсутствует.

Теория

Упругие системы гравиметров можно разделить на две категории:

- 1) Гравиметры, в которых груз совершает поступательные перемещения, пропорциональные изменению силы тяжести (обычная пружина гравиметры Scintrex CG-3; 5; 6 auto);

- 2) Гравиметры, в которых груз совершает вращательное движение около некоторой точки подвеса (крутильные весы гравиметры ГНУ-КВ, BURRIS, G-PHONE, La Coste - Romberg). [6]

Задачи фундаментальных исследований:

- a) Использование гравиметра как переносной мобильный сейсмограф для сейсмологических исследований (выделение однородных блоков по АЧХ для тектонического районирования, сейсмостойкого строительства).
b) Создание базы данных непрерывных гравиметрических исследований для мониторинга низкоамплитудных вариаций гравитационного поля при изучении динамики новейших тектонических движений.

Прикладные задачи:

- a) Выделение однородных участков залежи по результатам АЧХ в пределах залежи
b) Выделение вертикального плотностного контакта (ВПК)

Полевые исследования:

- a) Использование гравиметра (станция) повышает точность снятия отсчётов (показаний значения индикатора) для высокоточных гравиметрических работ.
b) Выделение зон тектонических разрывных нарушений (модель ВПК), с вертикальным и горизонтальным смещением (сдвиг по горизонтали без вертикальных смещений).
c) Выделение зон изменения литологии вдоль пласта-коллектора.
d) Выделение зон поглощения (дробления, пористости, проницаемости, трещиноватости) при определении места заложения новых эксплуатационных и нагнетательных скважин для повышения нефтеотдачи пластов. [2]

Достоинства и преимущества:

- a) Дешевизна использования данной технологии.
b) Простота обработки, высокая информативность.
c) Удобство, сокращение затрат времени на исследования.

Способ исследования:

- Проведение видеозаписи колебаний индикатора прибора ГНУ-КВ с помощью видеокамеры.
- Оцифровка колебания индикатора прибора ГНУ-КВ. Используется алгоритм распознавания видео.
- Нормализация сигнала с помощью фильтрации шума и приведение к единой шкале. Редукция шумов и высокочастотной составляющей.
- Спектральный анализ временного ряда колебаний в прикладном ПО «Матлаб».
- Определение особенностей спектра однородных блоков, зон дробления и поглощения. (рис. 1)

- Определение мест нарушения стационарности спектра отдельных блоков для определения вертикально-плотностных контактов. [5]

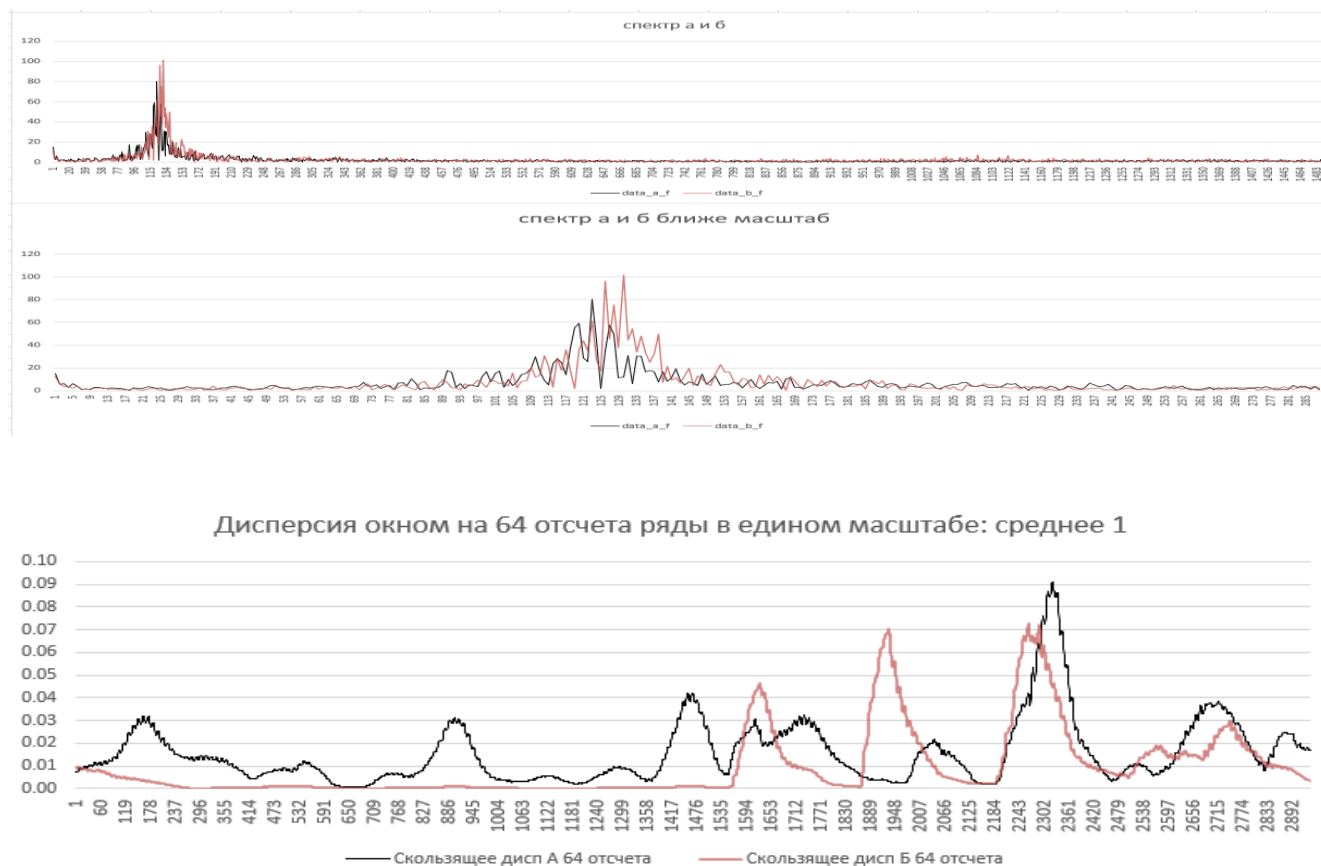


Рисунок 9. Сопоставление данных двух приборов.

Выводы

- ✓ Приборы взаимозаменяемы
- ✓ Спектр стационарен на любом участке более 300 отсчетов с частотой снятия замеров 4 к/сек
- ✓ Определи общий вид, характер спектра и поняли, что характеризуется 1, 2 доминантными частотами
- ✓ Статистически однородны, сохраняется ср. значение, дисперсия
- ✓ Сигнал не гармонический, но периодический. [3]

Библиография

1. Долгаль А.С., Костицын В.И. Гравиразведка: способы учета влияния рельефа местности. Учебное пособие. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2010 – 88 с.

2. Утемов Э.В., Курс лекций по гравиразведке: учебное пособие для дисциплины «Гравиразведка», – Казань: Казанский федеральный университет, 2020. – 77 с.
3. Кузьмин, В.И., К89 Гравиметрия: учеб. пособие, Новосибирск: СГГА, 2011. – 193 с.
4. Лобанов А.М., Гравиразведка (краткий курс), МГРИ – РГГРУ, 2017. – 79 с.
5. Sylvan Bonvalot. Mesures et traitement de gravimetrie terrestre. Ecole d’Ete 2010 du GRGS.
6. Deep Density Borehole Gravity Surveying. Edcon, Inc. 1996

Выбор рационального комплекса методов ГИС при количественной интерпретации проектного горизонта оксымской свиты Северо-Кетской площади. Бубнов Е.О.* (МГРИ, bubnov_egor@list.ru), Белов А.П. (МГРИ, esong3@yandex.ru).

Аннотация

Был определён экономически целесообразный комплекс методов ГИС при количественной интерпретации проектного горизонта, при минимальных денежных затратах.

Целевое назначение работ - изучение геологического строения Предъенисейской мегамоноклизы в том числе установление нефтеперспективных горизонтов, распространенных на Сибирской платформе, получение комплекса геолого-геофизических параметров и уточнение перспектив нефтегазоносности разреза осадочного чехла (нижняя и средняя юра) и доюрского основания (низы кембрия, венд и рифей).

Ключевые слова

Комплекс ГИС, ГТИ, коллекторские свойства, выбор рационального комплекса, комплексирование.

Теория

Параметрическая скважина Северо-Кетская 1 (Рисунок 1) расположена в пределах Предъенисейской мегамоноклизы, вблизи зоны сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты. На участке бурения выделяется два структурно-тектонических этажа. Нижний этаж представлен верхнепротерозойско-палеозойскими толщами, являющимися своеобразным продолжением Сибирской платформы вглубь Западно-Сибирской плиты. Верхний структурный этаж – мезозойско-кайнозойского возраста.

Нефтегазоносность пород на крайнем юго-востоке Западно-Сибирской низменности традиционно связывается с верхнеюрским и доюрскими этажами [1].

Основным потенциально нефтегазоносным комплексом являются вендкембрийские существенно карбонатные и терригенно-карбонатные отложения. Последние исследования показывают, что в левобережье Енисея располагается мощный верхнепротерозойско-палеозойский осадочный бассейн, аналогичный платформенному комплексу Сибирской платформы [2].

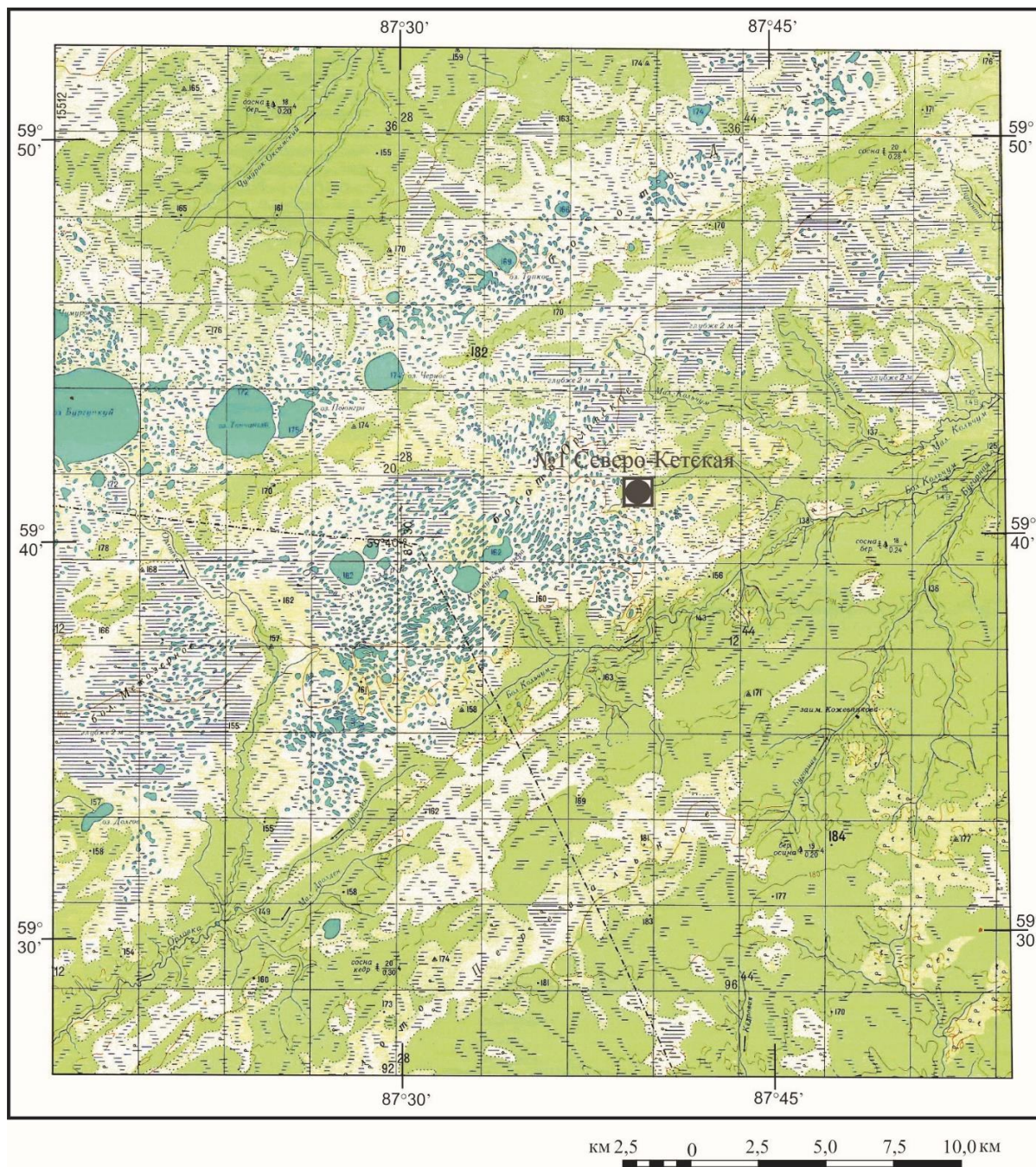


Рисунок 10. Схема расположения параметрической скважины на топографической карте.

Геолого-технологические исследования (ГТИ) включали механический, газовый каротаж и геологические исследования

К основным факторам, снижающим информативность механического каротажа, относятся резкие изменения режимных параметров бурения, частые спуско-подъемные операции при малых интервалах долбления (2-3 м), применение разных типоразмеров долот, бурение со значительным превышением гидростатического давления над пластовым.

Количественная интерпретация материалов полных комплексов ГИС в интервале 0 - 3500 м проводилась с использованием автоматизированных систем обработки данных ГИС Gintel и Соната.

В интервале 59.6-405 м параметрической скважины Северо-Кетская согласно проекта проведен следующий комплекс ГИС: стандартный каротаж, БК, ИК, ПС, ГК, СГК, АК, кавернометрия-профилеметрия, термометрия, резистивиметрия, инклинометрия.

В интервале 405.35-3500.0 м параметрической скважины Северо-Кетская 1 согласно проекта проведен следующий комплекс ГИС: стандартный каротаж, ПС, БК, БКЗ, резистивиметрия, ГК, НГК, ННК-Т, АК, СГК, кавернометрия-профилеметрия, термометрия, инклинометрия ИК, МК, БМК, микрокавернометрия, ГГК-П

По результатам обработки и интерпретации данных ГТИ, ГИС и литологического состава пород построен специализированный планшет в масштабе 1:2000).

Определены интервалы коллекторов и возможных коллекторов, зоны покрышек, зоны повышенных газопоказаний. Выделение интервалов коллекторов проводилось по комплексу параметров ГТИ — расчленению разреза по литологии, механической скорости бурения, давлению раствора на входе, суммарном объеме раствора в емкостях и другим параметрам ГТИ.

Выделены коллекторы (1874,6-1898,3 м, 2152-2158 м, 3081,6-3087 м, 3251-3272 м), возможные коллекторы (1962,2-1969,4 м, 2263,8-2268,1 м), покрышки (1941-1962 м, 2065-2085 м, 2641-2649 м), зоны поглощений (1874,6-1898,3 м, 2263,7-2268,1 м, 3081,6-3087 м, 3251-3272 м).

Выводы

В скважине выполнены: геолого-технологические (ГТИ) исследования; геофизические (ГИС) исследования; привязочные каротажи и технические.

Выбор рационального комплекса определяется максимальной информативностью геолого-геофизической информации из общего набора геофизических методов.

Наиболее подходящие геофизические методы ГИС при количественной интерпретации: ПС, ГК, БК, ИК, кавернометрия-профилеметрия, БМК, что позволяет решать геологическое изучение разреза с минимальными финансовыми затратами.

Библиография

1. Авдусин П.П., Цветкова М.А. О классификации коллекторов нефти//Докл. АН СССР, новая серия, 1943. – Т. XVI, в. 2. – 81 с.
2. Геология нефти и газа Западной Сибири /А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов и др. – М.: Недра, 1975. – 678 с.
3. Дахнов В.Н. Интерпретация ГИС. М:Недра. 1982г. – 234 с.

4. Геофизические методы исследования скважин: Справочник геофизика / Под ред. В.М. Запорожца. - М.: Недра, 1983 г. – 356 с.

Комплексирование геофизических методов ГИС для изучения литолого-стратиграфической и попластовой разбивки отложений объекта Конончанский. Воронин И.А. * (МГРИ, soadwb@gmail.com), Белов А.П. (МГРИ, econg3@yandex.ru).

Аннотация

Предлагается оптимальный комплекс геофизических методов ГИС для детального исследования района с применением аппаратуры, необходимой для проведения работ.

Основная геологическая задача заключается в выявлении зон содержащих кимберлиты для прогнозирования алмазных ресурсов, выявления возможности бурения скважин, а также определения экономической оправданности разработки месторождения.

Геофизической задачей является проведение методов геофизических исследований скважин с максимальной эффективностью и оперативностью для определения форм и интенсивности аномалий.

Ключевые слова

Геофизические исследования скважин, комплекс ГИС, кимберлиты, каротаж, комплексирование методов

Теория

Выявление новых месторождений алмазов, даже со средними параметрами по содержаниям и запасам, на площадях, примыкающих к территории действующей горнодобывающей инфраструктуры Нюрбинского ГОКа, может внести существенный вклад в решение вопроса обеспечения его сырьем на перспективу, или же для развертывания нового горнодобывающего предприятия. Площадь объекта Конончанский (2627,38 км²).

Расположена в западной части Республики Саха (Якутии) в пределах Нюрбинского и Верхневилуйского улусов (районов), в 300 км (центр) северо – восточнее г. Мирного, в среднем течении реки Марха и в верховьях р.р. Чили и Конончан (Рисунок 1).

Представления о перспективах алмазоносности территории исследований базируется на благоприятных минералогических признаках и структурно-тектонических предпосылках коренной алмазоносности, выявленных при реализации поисковых работ, проведенных Амакинской экспедицией, а также по результатам поисковых работ и тематических исследований, выполненных Ботубинской экспедиции. В целом же, по результатам многолетних исследований на площади установлен целый ряд признаков и предпосылок возможного обнаружения алмазоносных кимберлитов.

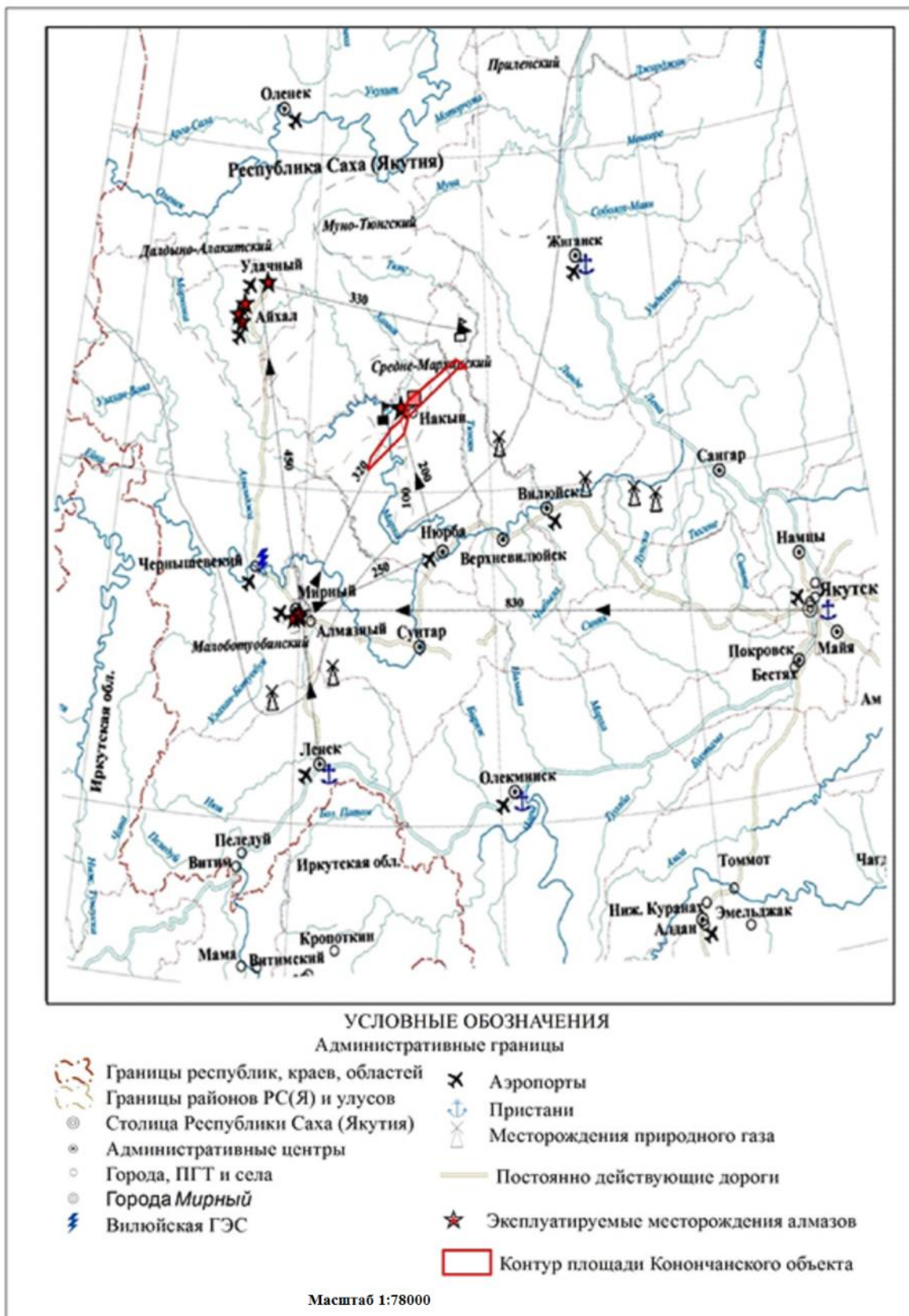


Рисунок 11. Географо-экономическая схема района работ.

Для выполнения главной поставленной геологической задачи был разработан и подобран оптимальный комплекс геофизических методов для выявления кимберлитосодержащих зон для дальнейшей добычи алмазов.

Запись будет произведена при использовании регистратора «ВУЛКАН V3» работающего как с программой «LOG», так и с «Registration-2.0», позволяющим одновременно выполнять визуальный оперативный контроль качества. Данные измеряемого параметра в цифровом виде через программный интерфейс поступают на компьютер «Notebook», на котором произведётся первичное редактирование, контроль качества записи. В дальнейшем результаты полевых наблюдений ГИС будут отправлены для обработки и интерпретации в камеральную группу[1].

Комплекс методов ГИС был спроектирован в соответствии с геологическими задачами, технологией бурения скважин и геолого-техническими условиями площади работ.

Геофизические исследования разрезов скважин будут выполняться различными модификациями следующих методов ГИС: спектрометрический гамма-каротаж (СГК), гамма-каротаж (ГК), каротаж магнитной восприимчивости (КМВ), скважинная магниторазведка (СМ), индукционный каротаж (ИК). Все эти методы позволяют изучить разрез скважин, но имеют и специфическое назначение.

Спектрометрический гамма-каротаж - основан на изучении энергетического спектра гамма-излучения естественных радиоактивных элементов горных пород.

Гамма-каротаж основан на измерении естественного гамма-излучения горных пород. Измеряемая величина – скорость счета в имп./мин.[2].

Методы СГК и ГК являются основными методами при решении следующих задач:

- литологическое и стратиграфическое разделение разрезов скважин;
- разбивка пород нижнего палеозоя на геофизические корреляционные пласты;
- выделение интервалов измененных пород и определение их мощности;
- проведение корреляции разрезов скважин по всей площади работ.
- выявление и прогнозирование структурно-тектонических нарушений по скважине и в межскважинном пространстве[3].

Индукционный каротаж основан на измерении кажущейся удельной электрической проводимости горных пород (δ_n) в переменном электромагнитном поле в частотном диапазоне от десятков до сотен кГц. Для измерений будет использована аппаратура "ИКРС-1"[4].

Результат выполнения работ одной из скважин представлен на (рисунке 2).

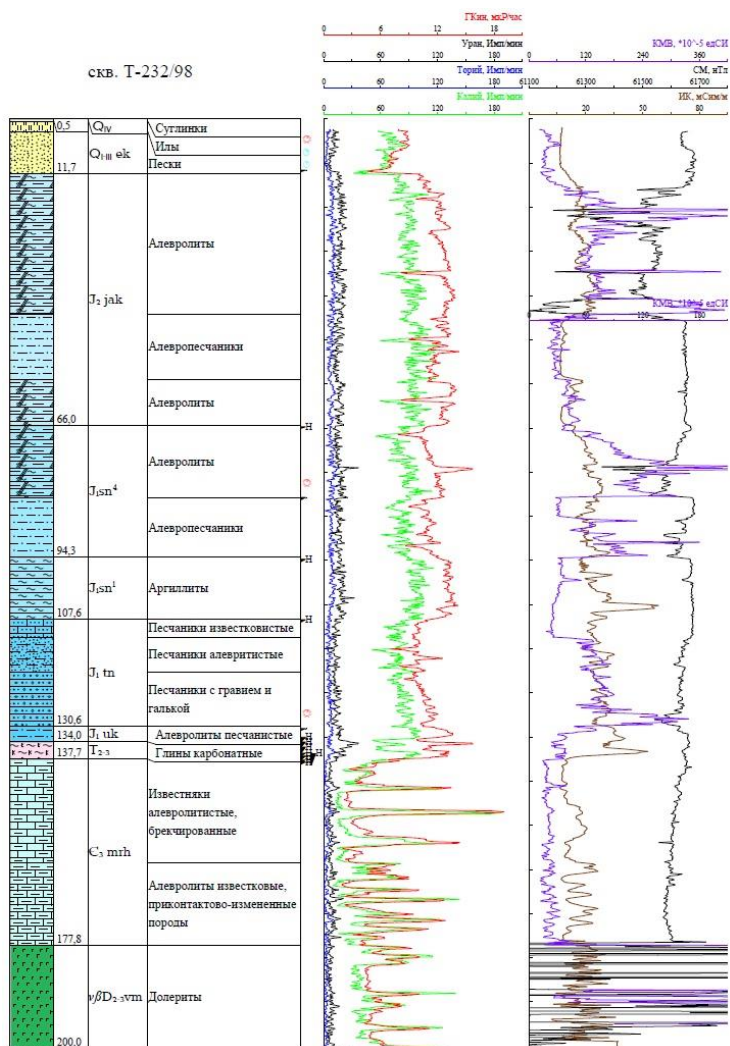


Рисунок 12. Результат выявления аномалии в скважине.

Выводы

Был выбран оптимальный комплекс геофизических методов ГИС для выполнения поставленной геологической задачи для изучения литолого-стратиграфической и попластовой разбивки отложений объекта Конончанский на предмет выявления кимберлитов.

Библиография

1. Дахнов В.Н. Интерпретация ГИС. М:Недра. 1982г. 356 с.
2. Латышова М.Г. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС. М:Недра. 2007 г. 195 с.
3. Poppelreiter, M. Dipmeter and Borehole Image Log Technology / M. Poppelreiter, C. Garcia-Carballido, M.A. Kraaijveld. – Tulsa, 2010. – 85 p.

4. Schlumberger, Wireline logging tool catalogue, 2020. – 37 p.

Опережающий морфоструктурный прогноз полиметаллического оруденения Хараелахской мульды. Воронцова С.А. (СПГУ, s190979@stud.spmi.ru), Яковлева А.А. (СПГУ, Yakovleva_AA@pers.spmi.ru), Мовчан Е.И. (СПГУ, s201149@stud.spmi.ru)*

Аннотация

Образование крупнейших месторождений Российской Федерации платиноидно-никелево-медных руд, таких, как Норильское, Талнахское и Октябрьское, тесно связаны с наиболее значимой рудоконтролирующей разрывной структурой района – Норильско-Хараелахским разломом. В непосредственной близости от него расположено большинство известных дифференцированных интрузивов с медно-никелевым сульфидным оруденением. Однако, исследуемый участок представляет собой «слепой» полигон, закрытый траппами, где прямые наземные измерения практически невозможны. Потому общая идея состояла в комплексировании дистанционных, аэромагнитных и гамма-спектрометрических методов. В работе рассмотрены: факторы прогнозного и полиметаллического оруденения, проявленность рудных узлов и рудных тел в геофизических помехах и дистанционной основе; обзор автоматизированного дешифрирования дистанционных образов Geomatica (PCI Geomatics, Канада), LESSA (А.А. Златопольский).

Ключевые слова

Автоматизированное дешифрирование, качественная интерпретация, количественная интерпретация, прогнозирование перспективных участков, Норильский промышленный район, интерпретация магнитных и гамма-спектрометрических данных.

Теория

Рассматриваемый участок представляет собой крупную антиклинальную складку, сложенную преимущественно карбонатными породами ордовика-девона. По периферии структура осложнена отрицательными формами, включающими нижнетриасовую вулканогенно-осадочную толщу: северо-восток – Хараелахская мульда, запад – Вологочанская мульда, юг – Норильская мульда. Угленосные терригенные осадки тунгусской серии выступают в качестве разделительного слоя между карбонатными и вулканогенными отложениями. В верхней часть разреза, относящейся к породам девона и выше, сконцентрированы интрузивные тела основного состава, включающие рудоносные расслоенные массивы. Закономерности распределения полезных ископаемых исследуемого региона определяются пятью этапами формирования структурно-вещественных комплексов в истории его развития [3], ведущим из которых в отношении образования важнейших для территории сульфидных медно-никелевых с платиноидами руд и самородной меди с серебром стал позднепермско-триасовый вулканогенный этап (этап формирования трапповой формации). Также к наиболее значительным закономерностям размещения полезных ископаемых можно отнести региональные структурно-тектонические и локальные структурные факторы. Первые определяются аномальным строением коры – воздыманием поверхности Мохоровичича, а также неоднородностью фундамента – сочленение блоков разного геологического возраста, образованием валов и мульд, заложением глубинных разломов. Вторые же являются крупными тектоновулканическими структурами – мульдами, они определяют

пространственное положение рудных узлов. Каждая мульда является обособленной структурой, формирование которой во времени и пространстве связано с явлением магматизма, при этом установлено, что к промышленнорудоносным интрузивам можно отнести лишь прошедшие весь путь эволюционного развития магматизма комплексы, включая и дифференцированную серию лав.

Проявленность рудных узлов и рудных тел в геофизических помехах и дистанционной основе можно назвать определяющей в вопросе прогнозирования оруденения региона [2]. В качестве исходных данных применяются результаты комплексной аэрогеофизической съемки с применением многометодного аэрокомплекса серии КАС, включающего одновременное измерение как магнитного поля, так и полный спектр гамма-излучения, а также результаты дешифрирования дистанционного образа. Магнитное поле исследуемого участка определяется границами наложенных трапповых мульд, сложенных высоконамагниченными эффузивными породами. Для таких структур характерно ярко выраженное знакопеременное поле, устанавливающее корреляцию с элементами дневного рельефа местности (долины рек и водотоки, заполненные рыхлым, обломочным материалом) как с линейными, лентовидными и цепочечными отрицательными аномалиями магнитного поля, а с положительными формами рельефа, сложенными эффузивами, как области положительных аномалий. Над Хараелахской мульдой, в пределах Норильской и Вологочанской трапповых мульд следует отметить резкое отличие морфоструктуры аномального магнитного поля. Оконтурировать выходы туфолавовой толщи на дневную поверхность и установить уран-ториевую специализацию позволили радиогеохимические поля, с учетом весьма неблагоприятных условий проведения полевых работ (более 60% площади составляют водные поверхности и сильно обводненные отложения Норильско-Пясинской долины), стало возможным выделить в базальтовой толще местные горизонты. Сводная радиогеохимическая карта, построенная по надфоновым содержаниям урана, тория и калия, отражает метасоматическую зональность и устанавливает преимущественно калиевую и уран-калиевую специализацию метасоматических изменений вокруг массивов норильского комплекса.

В практике истолкования структуры дистанционной основы (ДО) существуют общие представления о правилах ее дешифрирования, но, в силу преимущественной в этой области визуальной оценки, общего стандарта результатов нет: практикуются реконструкции по линиям водотоков, прослеживание локальных линеаментов по оптическим эндо- и экзогенным аномалиям и т.д. Под линеаментом понимаем границы структурно-вещественных комплексов и, преимущественно, отклики от дизъюнктивов, значит, следуя представлению о геологической среде как непрерывной, сплошной, эта взаимная увязка должна проявляться в закономерной смене одних линеаментов другими, а также в дроблении более древних структур и их закономерном смещении относительно линии менее древних [1].

В качестве наиболее оптимальных ПО для автоматизированного дешифрирования дистанционных образов рассматриваются софт Geomatica (PCI Geomatics, Канада) и программа LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis, А.А. Златопольский).

Модуль LINE специализированного программного обеспечения Geomatica предназначен для извлечения линейных объектов из изображения и их записи в

векторной форме в виде полилинии, выделения и построения линеаментов. В качестве входных данных принимается один канал изображения, выходных – векторный сегмент, содержащий линейные элементы. Алгоритм модуля включает в себя три основных этапа. Первый этап выполняется с применением алгоритма Кэнни для обнаружения границ изображения и состоит из трех подэтапов. При помощи функции Гаусса, радиус которой определяют с помощью параметра $RAD1$ (радиус фильтра), фильтруется входное изображение. Далее из отфильтрованного изображения вычисляется градиент. Затем пиксели, градиент которых не является локальным максимумом, подавляются. Второй этап заключается в получении бинарного изображения. Третий этап включает извлечение кривых. Полилиния, получившаяся в результате, является аппроксимацией исходной пиксельной кривой. Алгоритм связывает пары полилиний, удовлетворяющим следующим условиям: два конечных сегмента двух полилиний обращены друг к другу, имеют одинаковую ориентацию и близко друг к другу расположены. При этом стоит отметить, что построение в данном ПО возможно в случае только самых контрастных перепадов высот.

Программа LESSA, в том числе, применяется для выделения на полутонных снимках штрихов, формирующих их текстуру, и вычисления их характеристики. Успешно использует методику автоматического поиска различных линейных элементов и анализирует их расположение, ориентацию. Основные задачи программы: 1) выделение на изображении коротких штрихов – микролинеаментов, контролирующей структуру изображения – его фоторисунка; 2) вычисление статистических характеристик распределений этих линейных структур; 3) формирование из мелких штрихов длинных линеаментов. Чтобы произвести обнаружение тех самых штрихов, программа выделяет элементарные ячейки, каждая из которых совмещается с наполовину затемненным многоугольником – маской, далее вычисляется разность яркостей ячейки и маски. Затем маска поворачивается на установленный угол и разность берется снова, в результате данных итераций маска проходит полный оборот. Микролинеамент отражает направление максимального значения вычисленной разности. Происходит смещение маски на половину элементарной ячейки, и весь описанный выше алгоритм выполняется снова. Результат – карта штрихов, отражающая структуру фотоизображения. Важно отметить, что штрихи выделяются только в том случае, если их размер не менее 5-10 пикселей, от размера штриха зависит его цветовое представление.

В качестве ключевого дополнения рассмотрен способ автоматизированного структурного дешифрирования космоснимков, где цифровой КС рассматривают как скалярное поле, значение которого оценивается полутонными особенностями ландшафтных структур, условно разделенное на три компоненты – низко-, средне- и высокочастотную (рисунок 1). Реализация метода предполагает выполнение следующей последовательности: 1) произведение амплитудно-частотной фильтрации полутонного космоснимка с применением передаточных функций, построенных по функции автокорреляции исходного КС; 2) вычисление для ВЧ, СЧ и НЧ компонент скалярного поля космоснимка собственной автокорреляционной функции; 3) восстановление розддиаграммы и линейного размера исследуемых структур (кольцевых и протяженных); 4) произведение расчета для трех компонент скалярного поля КС схемы элементарных отрезков с последующей генерализацией кольцевых и протяженных структур. Итог дешифрирования, как взаимно увязанное поле линеаментов, представлен в виде комплекта карт ландшафтных элементов – его протяженных и кольцевых структур, отражающий как характер системы трещиноватости изучаемого региона, так и

пространственное соотношение между тектоническими структурами разного порядка [4].

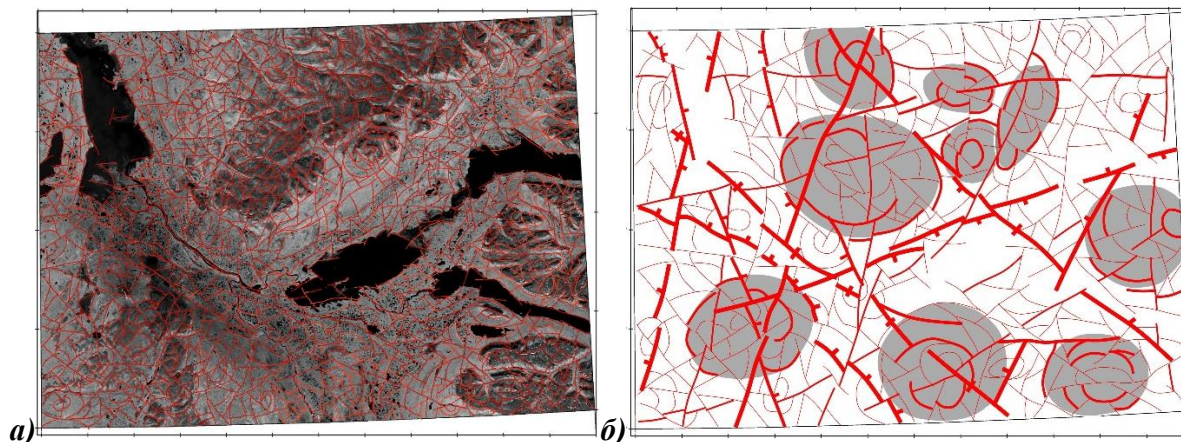


Рисунок 1. Результат параметрического дешифрирования дистанционной основы при трассировании рудоконтролирующих геоструктурных элементов, выделенных в привязке к рудным объектам Хараелахской мульды: а) первичный линеаментный образ, наложенный на инфракрасную ДО; б) результат генерализации линеаментного дешифрирования с выделением рудоконтролирующих зон

Выводы

С помощью всех вышеперечисленных ПО рудоконтролирующих элементов обеспечивается контроль оси, вдоль которых эндогенные рудные эталоны распределяются закономерным шагом. Используя этот шаг, возможно выполнение экстраполяции или прогноза вдоль соответствующих геоструктурных осей или линеаментных зон.

Библиография

1. Мовчан, И. Б. Структурно-геофизические свидетельства и тектоническая эволюция гор Шоторы (восточный Табас - центральный Иран) [Текст] / И. Б. Мовчан // Естественные и технические науки. — 2017. — № 12 (114). — С. 100-104.
2. Мовчан, И. Б., Асянина, В. Ю. Опережающий прогноз плотностной нестационарности верхней части разреза [Текст] / И. Б. Мовчан, В. Ю. Асянина // Записки Горного института. — 2014. — № 207. — С. 190-194.
3. Падерин П.Г., Деменюк А.Ф., Назаров Д.В., Чеканов В.И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Норильская. Лист R-45 — Норильск. Объяснительная записка. — СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2016. 366 с. (Минприроды России, Роснедра, ФБГУ «ВСЕГЕИ»).
4. Смирнова, Е. С., Мовчан, И. Б. Способы анализа космических снимков, как материалов широкого доступа / Е. С. Смирнова, И. Б. Мовчан [Текст] // Современные образовательные технологии в преподавании естественно-научных и гуманитарных

дисциплин. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2016. — С. 789-794.

5. Petrov Denis Sergeevitch, Movchan I. B. Comprehensive evaluation of anthropogenic load on environment components under conditions of ferroalloys manufacture EEC-EM - Ecology, Environment and Conservation. 2017. №1. pp. 540-544. 0971765X-India-Scopus

***Особенности петроупругого моделирования глинистых терригенных пород.
Гора Л.О.* (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), г. Москва, Россия,
Lianagora@yandex.ru)***

Аннотация

Существует ряд проблем, которые мешают повышению достоверности определения фильтрационно-емкостных и макроскопических свойств пород. Одной из таких проблем является определение параметров строения пустотного пространства коллектора, выделение зон трещиноватости в карбонатных коллекторах, прогноз физических свойств в различных масштабах и верификация их соответствующими измерениями.

Справиться с этими задачами помогают подходы теории эффективных сред (ТЭС), которые позволяют теоретически определять макроскопические физические свойства коллекторов углеводородов

Ключевые слова

Коллектор, петроупругая модель, теория эффективных сред, фильтрационно-емкостные свойства, терригенный разрез.

Теория

Петроупругое моделирование (Rock Physics) – одно из ключевых направлений при разведке, разработке и эксплуатации месторождений, которое помогает предсказывать петрофизические свойства горных пород по составу, микро и макро-структуре среды. Физика горных пород связывает упругие свойства, полученные из геофизических данных, с коллекторскими свойствами [1].

Анализ связей упругих параметров и литологии позволяет выявить взаимосвязи между петрофизическими особенностями изучаемого объекта и сейсмическими параметрами. Полученные взаимосвязи представляют основу для интерпретации и прогноза коллекторов. Оценка результатов сопоставления упругих параметров и характеристик основана на построении серии графиков с последующим их анализом [2].

Горная порода – это природная микронеоднородная среда, а ее неоднородностями выступают поры, трещины, зерна минералов, частицы органического вещества. Эффективные свойства любой микронеоднородной среды лежат в диапазоне между значениями верхней и нижней границ [3]. С точки зрения теории микронеоднородных сред измеряемые физические свойства пород являются макроскопическими. Одной из особенностей коллекторов углеводородов, связанной с условиями их формирования, часто является проявление анизотропии физических свойств. ТЭС предоставляет возможность связать макроскопические физические свойства с микроструктурой породы.

Однако для оценки ФЕС большое значение имеет возможность определения различных физических свойств, базируясь на одной и той же модели внутреннего строения среды, что делает оценку ФЕС более достоверной. Подобный способ также позволяет прогнозировать одни физические свойства через другие, что имеет вес в случае невозможности экспериментального измерения каких-либо свойств. В частности, становится возможным прогнозировать гидравлическую проницаемость и теплопроводность через упругие и/или другие транспортные свойства. К сожалению, простые инженерные методы лишены таких возможностей. [4]

Как правило, работая на месторождении с терригенным разрезом, содержащим глинистые минералы и минералы алевритовой фракции, не принимают во внимание, что у них совершенно разные физические свойства и форма, поэтому и поровое пространство, окружающее эти минералы, будет различаться.

При этом используют стандартные петроупругие модели с одной системой пустот, которые включены в коммерческие пакеты. Однако различие в форме пустот, соответствующих глинистым минералам и минералам алевритовой фракции, может сильно влиять на эффективные упругие свойства.

Основной целью данной работы является построение двух петроупругих моделей глинистой терригенной породы. Одна из этих моделей простая с одним типом пустот, другая модель – более сложная и учитывает распределение пустот в зависимости от типа минеральной матрицы.

Для построения сложной модели глинистой терригенной породы были взяты две исходные базовые модели. Первая базовая модель была составлена глинистыми минералами с пустотами в виде трещин, а вторая базовая модель - минералами алевритовой фракции, в частности кварцем, с квази-изометричными порами (Рисунок 1). Простая модель глинистой терригенной породы представляла собой минеральную матрицу, смешанную из зерен кварца с глинистыми частицами, в которую помещались хаотические пустоты с одинаковым аспектным отношением.

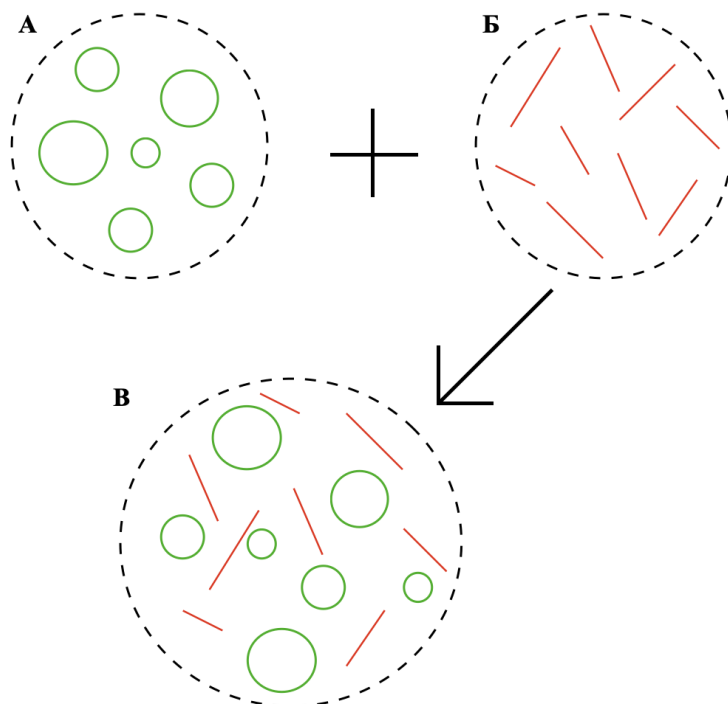


Рисунок 1. Схема распределения пустот в матрицах:

А. базовая модель, составленная минералами алевритовой фракции, в частности кварцем, с квази-изометричными порами; Б. базовая модель, составленная глинистыми минералами с пустотами в виде трещин; В. общая модель.

Анализировалось различие в эффективных упругих свойствах методом самосогласования Берримана, полученных с помощью двух описанных выше моделей глинистой терригенной породы. Помимо этого, в работе применялся метод Хадсона для ориентированных трещин, и проведено сравнение результатов петроупругого моделирования для одной и той же трещинной пористости, но для хаотических и ориентированных трещин.

Формулы Берримана (1) и (2) предназначены для N-компонент:

$$\sum_{i=1}^N f_i (K_i - K^*) P_i = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N f_i (\mu_i - \mu^*) Q_i = 0 \quad (2)$$

Эти формулы можно записать в более простой форме, как показано ниже. Формулы Берримана (3) и (4), предназначенные для 2х компонент:

$$K^* = \frac{f_1 K_1 P_1 + f_2 K_2 P_2}{f_1 P_1 + f_2 P_2} \quad (3)$$

$$\mu^* = \frac{f_1 \mu_1 Q_1 + f_2 \mu_2 Q_2}{f_1 Q_1 + f_2 Q_2} \quad (4)$$

Формулы Берримана (5) и (6), предназначенные для 3х компонент:

$$K^* = \frac{f_1 K_1 P_1 + f_2 K_2 P_2 + f_3 K_3 P_3}{f_1 P_1 + f_2 P_2 + f_3 P_3} \quad (5)$$

$$\mu^* = \frac{f_1 \mu_1 Q_1 + f_2 \mu_2 Q_2 + f_3 \mu_3 Q_3}{f_1 Q_1 + f_2 Q_2 + f_3 Q_3} \quad (6)$$

Формулы Берримана (7) и (8), предназначенные для N-компонент:

$$\mu_i = \frac{\sum_{i=1}^N f_i \mu_i Q_i}{\sum_{i=1}^N f_i Q_i} \quad (7)$$

$$K^* = \frac{\sum_{i=1}^N f_i K_i P_i}{\sum_{i=1}^N f_i P_i} \quad (8)$$

Выводы

Для петроупругого моделирования глинистых терригенных пород использовался целый набор методов ТЭС, включая границы Фойта-Ройсса и Хашина-Штрикмана, которые, как показано в работе, являются достаточно широкими. Для расчета значений эффективных упругих свойств внутри этих границ использовался метод самосогласования Берримана. Этот метод позволил получить приближенные значения эффективных модулей упругости для модели породы с хаотическими пустотами заданной формы.

Библиография

1. И.О.Баюк, М.Ф.Гасеми; «Экспозиция нефть газ»; «Петроупругое моделирование карбонатных пород-коллекторов с использованием модели двойной пористости», 2018г.; стр.21-24.
2. Методические указания Баюк И.О.
3. Мавко Г., Макерджи Т., Дворкин Д. «Физика горных пород»; 511стр.; 2009г.; США Cambridge University Press, Нью-Йорк
4. И.О.Баюк; «Технология сейсморазведки»; «Основные принципы математического моделирования макроскопических физических свойств коллекторов углеводородов», 2013; стр.5-6

*Применение методов качественной интерпретации геофизических полей при изучении геотектонических условий локализации одного из рудных узлов Рудного Алтая. Дергилёва Е.А. * (Санкт-Петербургский горный университет, dergilevaea@yandex.ru), Секерина Д.Д. (Санкт-Петербургский горный университет, sekerinadar@mail.ru)*

Аннотация

В работе рассматривается эффективность применения методики визуального линеаментного анализа геолого-геофизических данных, при решении задачи структурно-вещественного районирования. В качестве основы исследований используются матрицы гравитационного и магнитного полей различного масштаба (1:100 000 и 1:200 000). По данным матрицам выполняется преобразование потенциальных полей и их классификация. Далее авторами проводится линеаментный анализ, направленный на выделение основных разрывных нарушений, блоков и межблоковых зон.

Ключевые слова

Линеаментный анализ, рудный район, рудный узел, районирование.

Теория

Линеаментный анализ представляет собой комплекс геоморфологических, геологических, геофизических и других методов геологического картирования. Существует ряд методологических подходов к проведению линеаментного анализа, что обусловлено многообразием диагностических признаков и разновидностей линеаментов [2].

В процессе подготовки материалов для проведения линеаментного анализа собирают и систематизируют копии топографических карт, аэрокосмических снимков, материалы структурно-геологических, геоморфологических, дистанционных, геофизических, гидрогеологических, геохимических и др. работ прошлых лет, составляют электронную базу данных [2]. В данной работе были использованы карты гравитационного и магнитного полей и карты их трансформант масштабов 1:100 000 и 1:200 000 [3].

Следующий этап заключается в составлении карт распределения линеаментов на подготовленной геолого-структурной основе. В ходе обработки проводят дешифрирование элементов ландшафтов на аэрокосмических снимках земной поверхности и выделяют линеаменты по данным интерпретации геофизических, гидрогеологических, геохимических и других карт. При этом из полученных данных, по характеристикам определяемых как линеаменты, отделяют элементы ландшафта, имеющие нетектоническое происхождение [4]. При дешифрировании карт потенциальных полей линеаменты выделяются в виде линий, спрямленных аномальных или градиентных зон.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты проведения линеamentного анализа по картам магнитного поля и трансформации магнитного поля масштаба 1:200 000.

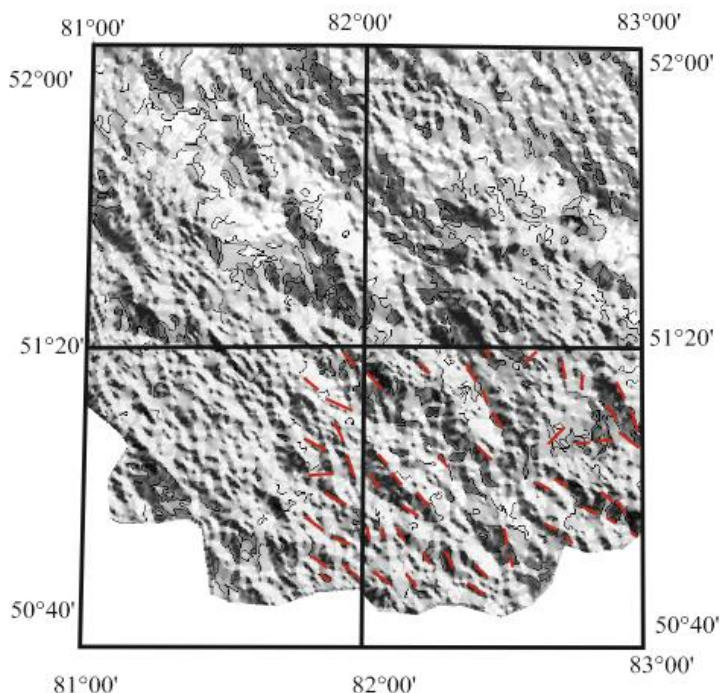


Рисунок 1. Результаты выполнения линеamentного анализа карты магнитного поля масштаба 1:200 000. Линеamentны определены по смене характера полей и градиенту, выделены штрихами красного цвета.

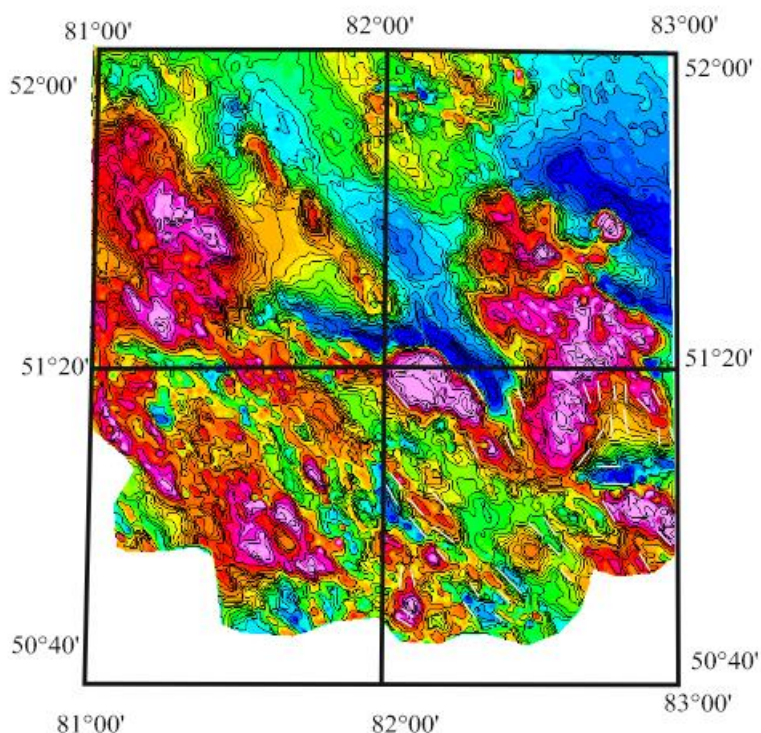


Рисунок 2. Результаты выполнения линеamentного анализа карты трансформант магнитного поля масштаба 1:200 000. Линеamentны определены по смене характера полей и градиенту, выделены штрихами белого цвета.

Результаты выполнения линеamentного анализа по картам гравитационного поля и трансформации гравитационного поля масштаба 1:200 000 отображены на рисунках 3 и 4.

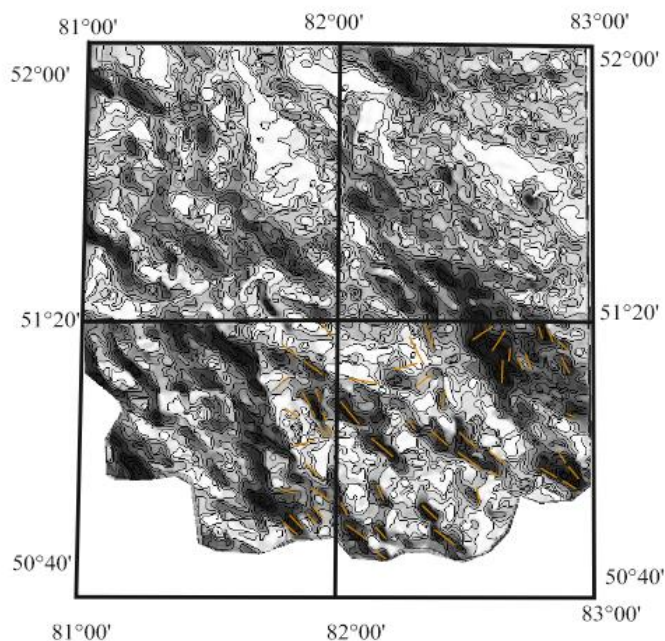


Рисунок 3. Результаты выполнения линеamentного анализа карты гравитационного поля масштаба 1:200 000. Линеamentы определены по смене характера полей и градиенту, выделены штрихами оранжевого цвета.

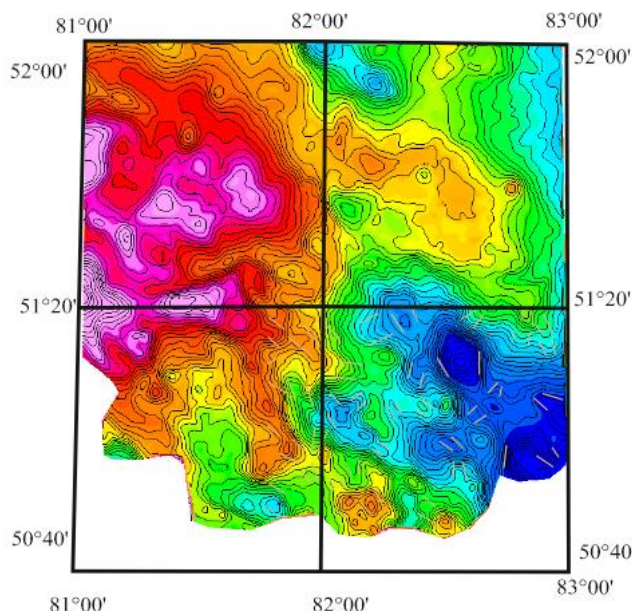


Рисунок 4. Результаты выполнения линеamentного анализа карты трансформант гравитационного поля масштаба 1:200 000. Линеamentы определены по смене характера полей и градиенту, выделены штрихами желтого цвета.

На рисунке 5 изображены результаты проведения линеamentного анализа карты гравитационного поля масштаба 1:100 000.

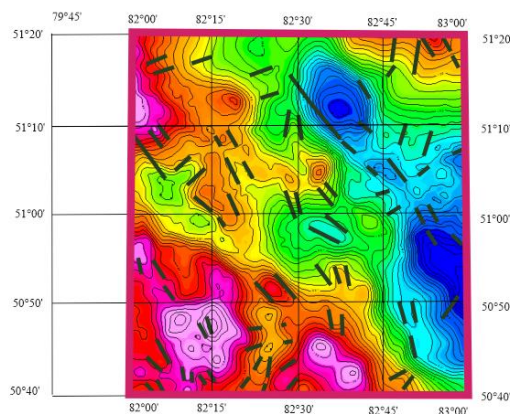


Рисунок 5. Результаты выполнения линеamentного анализа карты гравитационного поля масштаба 1:100 000. Линеamentы определены по смене характера полей и градиенту, выделены штрихами черного цвета.

Выводы

Полученные материалы позволяют проследить разрывные нарушения, оконтуривающие блоки и межблоковые структуры данного района исследований. Как на исходных картах потенциальных полей, так и на картах их трансформант четко прослеживаются линеamentы северо-западного простирания, что соответствует априорной геологической информации о данной территории [1].

Таким образом, согласно результатам выполнения линеamentного анализа, можно сделать вывод об эффективности применения данного подхода при выделении основных разрывных нарушений, блоков и межблоковых зон. Стоит отметить, что линеamentы прослеживаемые на карте одного из потенциальных геофизических полей могут не отражаться на карте другого. Из чего следует необходимость комплексного подхода к линеamentному анализу.

В результате комплексной интерпретации полученных материалов планируется построение схемы структурно-вещественного районирования, которая позволит судить о контурах локализации рудных объектов в региональных структурах.

Библиография

1. Буслов М.М. Тектоника и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса: роль позднепалеозойских крупноамплитудных сдвигов // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 1. С. 66–90.
2. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеamentной тектоники. – М.: Недра, 1986. 140 с., с ил.
3. Секерина Д.Д., Дергилёва Е.А. Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии: материалы XXXIII молодежной научной школы-конференции, посвященной памяти члена-корреспондента АН СССР К.О. Кратца и академика РАН Ф.П. Митрофанова, г. Апатиты, 3–7 октября 2022 г. Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2022. — 260 с. С.173-176

4. Чернова И.Ю. , Нугманов И.И. Учебно-методическое пособие
«Автоматизированный линеаментный анализ» /. – Казань: КФУ, 2018. – 39 с.

К методике бесконтактных измерений в электроразведке методом сопротивлений; результаты математического моделирования. Каринский А.Д. (МГРИ, akarinski@mail.ru), Иванов А.А. (МГРИ, biwolf@mail.ru), Матюшенко А.А (МГРИ, matiushenkoaa@mgri.ru), Зуденков И.А. (МГРИ, ivan.zoudenkov@gmail.com)*

Аннотация

В ряде случаев при электропрофилировании в методе сопротивлений электроразведки существуют проблемы с заземлением токовых и измерительных электродов. В этих условиях нашла применение бесконтактная модификация этого метода. Но теоретическое обоснование проведения бесконтактных измерений и интерпретации получаемых результатов до последнего времени основывалось на приближённых подходах. Нами получено решение соответствующей прямой задачи электродинамики и проведено математическое моделирование. Результаты моделирования послужили для обоснования новой методики бесконтактных измерений.

Ключевые слова

Электропрофилирование; бесконтактные измерения; математическое моделирование.

Теория

В семидесятых годах прошлого века были начаты исследования с целью обоснования возможности применения бесконтактных измерений в электроразведке методом сопротивлений. Необходимость применения такой модификации возникает в различных ситуациях. Например, при проведении измерений методами сопротивлений в зонах скальных или многолетнемерзлых пород, при наличии снежного покрова, либо такого непроводящего искусственного покрытия, как асфальт или бетон. Кроме того, отсутствие необходимости заземления токовых (A , B) и измерительных (M , N) электродов позволяет во много раз ускорить процесс измерений. Некоторые результаты таких исследований были опубликованы, например, в работах [8], [2]. Однако теоретическое обоснование проведения бесконтактных измерений и интерпретации получаемых результатов в этих работах основывалось не на "строгом" решении соответствующей прямой задачи электродинамики, а на приближённых подходах.

Очевидно, что проведение бесконтактных измерений в методах сопротивлений возможно лишь при переменном токе I в питающей линии AB . Некоторые результаты математического моделирования при переменном токе $I=I_0 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$ (где f – частота, а t – время) в электроразведке методом сопротивлений были приведены в статье [5]. В этой работе приведены решение прямой задачи электродинамики и полученные на его основе результаты моделирования для случая, когда линия AB переменного тока лежит на поверхности "двухслойного" проводящего полупространства. Основой для получения решения задачи послужил подход, описанный в книге [3]. Приведенные ниже результаты численных расчетов получены при частоте $f=16$ кГц. Это та "рабочая" частота, которая была выбрана для нескольких видов аппаратуры при бесконтактных измерениях в методах сопротивлений.

В работах [4], [6], [7] нами были представлены полученные на основе "строгого" решения соответствующей прямой задачи электродинамики результаты математического моделирования для расположенной на небольшой высоте h над однородным проводящим полупространством предельной дипольной осевой установки

$BA \rightarrow 0, MN \rightarrow 0$). Результаты численных расчётов показали, что при наиболее типичных для "немёрзлых" осадочных горных пород удельных электрических сопротивлениях в случае бесконтактных измерений вместо амплитуды напряжения в линии MN целесообразно измерять реактивную составляющую этого напряжения, меняющуюся синфазно с током I в линии AB . Ниже будут представлены результаты математического моделирования для дипольной осевой установки (ДОУ) для приближающихся к реальным условиям при электроразведочных измерениях конечных расстояниях между всеми электродами.

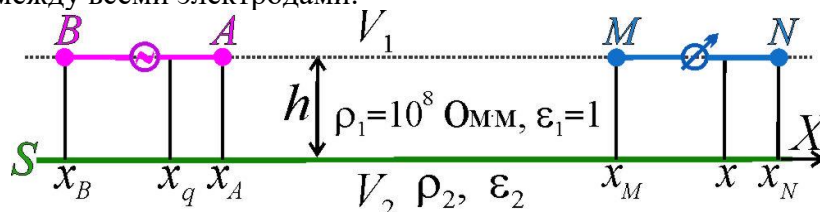


Рисунок 1. Модель среды и электроразведочной установки

На рисунке 1 показана модель, для которой были проведены расчёты. Горизонтальная плоскость S разделяет полупространства V_1 (воздух) и V_2 (приповерхностные горные породы). Генераторная (AB) и измерительная (MN) линии расположены в верхнем полупространстве на одной прямой, параллельной оси X , на высоте h над S . При применении комплексной записи напряжение E_{MN} электрического поля \mathbf{E} в измерительной линии MN , определяет следующее выражение

$$E_{MN} = \int_{x_M}^{x_N} \int_{x_B}^{x_A} E_x(\Lambda, \rho, \epsilon, h, f, I) dx_q dx, \quad \text{где} \quad \text{компонента}$$

$$E_x(\Lambda, \rho, \epsilon, h, f, I) = \int_0^{\infty} \{f_0 \cdot J_0[\Lambda(x-x_q)] + f_1 \cdot J_1[\Lambda(x-x_q)]\} d\Lambda - \text{несобственный интеграл в}$$

смысле главного значения, $J_0(\Lambda(x-x_q)), J_1(\Lambda(x-x_q))$ – функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядка аргумента $\Lambda(x-x_q)$, а множители f_0 и f_1 зависят параметров показанной на рисунке 2 модели и от переменной интегрирования Λ (см. [1], с. 96 - 101).

Коснёмся физической стороны явлений. Пусть линия AB переменного электрического тока расположена в воздухе на высоте h над плоской горизонтальной границей S однородного проводящего немагнитного полупространства с удельным электрическим сопротивлением ρ_2 . В этом случае электрическое поле с напряжённостью \mathbf{E} создают следующие четыре возбудителя. 1). Электрические заряды на концах отрезка AB , величины которых не зависят от ρ_2 . 2). Индукционное поле \mathbf{E} , возбуждаемое первичным магнитным полем отрезка AB тока I . Это поле не зависит от параметров среды. 3). Индукционное поле \mathbf{E} , возбуждаемое объёмными токами проводимости и токами смещения. В ближней зоне такая составляющая переменного поля \mathbf{E} не зависит от электрических параметров среды (см. [1], стр. 75). 4). Кулоново поле \mathbf{E} , создаваемое поверхностными зарядами с поверхностной плотностью σ , индуцированными на границе S . Это поле зависит от коэффициента контрастности границы S и, следовательно, именно эта составляющая поля \mathbf{E} зависит от ρ_2 .

При математическом моделировании в полупространстве V_2 была задана диэлектрическая проницаемость $\epsilon_2=10$. Хотя легко оценить, что при частоте 16 кГц и значениях ρ_2 менее первых десятков тысяч Ом·м выбор величины ϵ_2 – не существен, так как при любых, реальных для горных пород значениях ϵ_2 и при $\rho_2 < 10\,000$ Ом·м

можно пренебречь влиянием на электромагнитное поле токов смещения в нижнем полупространстве.

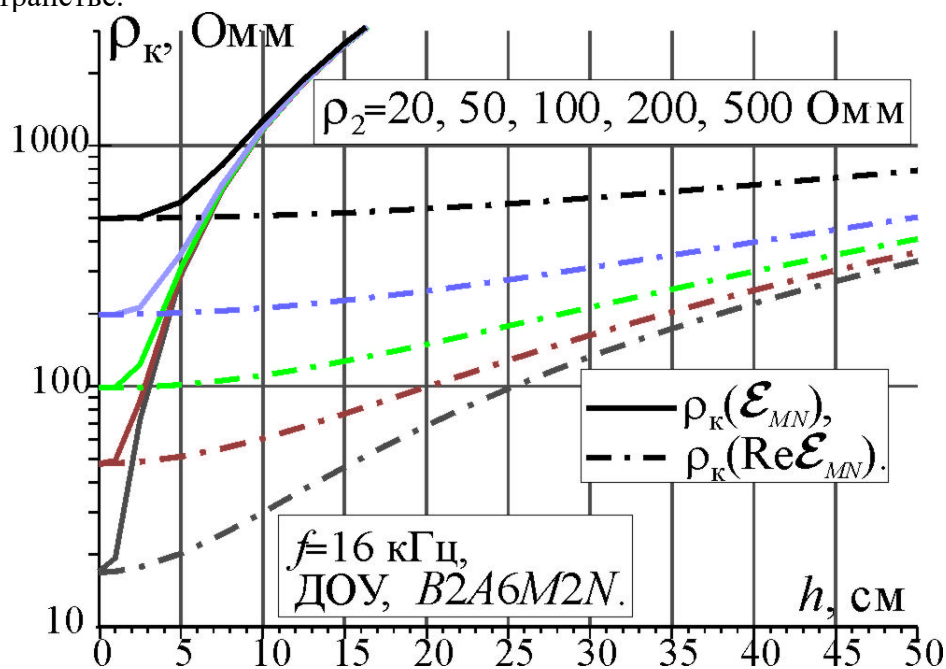


Рисунок 2. Зависимости $\rho_k(E_{MN})$ и $\rho_k(\text{Re}E_{MN})$ от высоты h при нескольких значениях ρ_2

Значения кажущегося удельного электрического сопротивления ρ_k на рисунке 2 определены двумя способами. При применяемом в настоящее время при бесконтактных измерениях подходе $\rho_k(E_{MN}) = K \cdot |E_{MN}| / I_0$, где $|E_{MN}|$ – амплитуда напряжения электрического поля в линии MN , $K = \frac{2\pi}{1/AM + 1/BN - 1/AN - 1/BM}$ – коэффициент

электроразведочной установки, расположенной на поверхности проводящего полупространства. При предлагаемом нами способе кажущееся удельное электрическое сопротивление $\rho_k(\text{Re}E_{MN}) = K \cdot |\text{Re}E_{MN}| / I_0$, где $|\text{Re}E_{MN}|$ – амплитуда реактивной компоненты, меняющейся синфазно с током I в генераторной линии AB . Для нескольких значений ρ_2 представлены зависимости ρ_k от высоты h для установки $B2A6M2N$. То есть расстояния между электродами B и A , а также – между электродами M и N равны 2 метра, а расстояние между электродами A и M равно 6 метров (см. рисунок 1). Сплошными линиями показаны зависимости $\rho_k(E_{MN})$ от h . Видим, что эти значения в той или иной степени позволяют оценить истинное удельное электрическое сопротивление ρ_2 только при высотах h , равных первым единицам сантиметров, особенно при невысоких значениях ρ_2 . При тех пределах изменения ρ_2 , при которых выполнены расчёты, и при высотах h более 8-и сантиметров значения $\rho_k(E_{MN})$ практически не зависят от ρ_2 . Штрихпунктирными линиями на рисунке 2 показаны зависимости $\rho_k(\text{Re}E_{MN})$ от h . Из полученных результатов численных расчётов следует, что даже при высотах h в десятки сантиметров величины $\rho_k(\text{Re}E_{MN})$ испытывают значительное влияние ρ_2 .

На рисунке 3 для установки $B2A6M2N$ приведена номограмма. Эта номограмма (в рамках показанной на рисунке 1 модели) позволяет определить удельное электрическое сопротивление ρ_2 проводящей среды при известных значениях $\rho_k(\text{Re}E_{MN})$ и h . Штриховыми линиями зелёного цвета показан пример того, как можно воспользоваться этой номограммой. Пусть $\rho_k(\text{Re}E_{MN}) = 100$ Ом·м, а высота $h = 20$ см. Пользуясь номограммой на рисунке 3 определяем, что истинное удельное электрическое

сопротивление $\rho_2=50$ Ом·м.

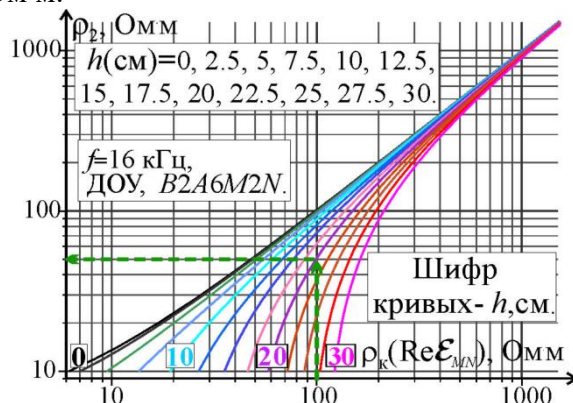


Рисунок 3. Номограмма для определения ρ_2 по значениям $\rho_k(Re E_{MN})$ и h

Выводы

Очевидно, что определение ρ_k по составляющей $Re E_{MN}$ может позволить значительно расширить область применения бесконтактной модификации электроразведки методом сопротивлений.

Библиография

1. Альпин Л.М., Даев Д.С., Каринский А.Д. Теория полей, применяемых в разведочной геофизике. Учебник для ВУЗов. Часть IV. Глава шестая "Переменное электромагнитное поле". Глава седьмая "Прямая задача теории переменного электромагнитного поля", 104 с. [Электронный ресурс/Текст]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=43803479>.
2. [Груздев А.И.](#), [Бобачев А.А.](#), [Шевнин В.А.](#) Определение области применения бесконтактной технологии метода сопротивлений. [Вестник Московского университета. Серия 4: Геология](#), издательство [Изд-во Моск. ун-та](#) (М.), 2020, № 5, С. 100-106.
3. Заборовский А.И. Переменные электромагнитные поля в электроразведке. М., Изд-во МГУ, 1960, 186 с.
4. Иванов А.А., Каринский А.Д. Патент на изобретение №2785037 "Способ бесконтактной электроразведки". Заявка № 2021136004, приоритет с 07.12.2021. Зарегистрирован в "Роспатенте" 16.12.2022. Опубликовано в № 35 бюллетеня "Изобретения, полезные модели" от 16.12.2022. Интернет адрес: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49994819>.
5. Каринский А.Д., Шевнин В.А. Влияние индукции на результаты ВЭЗ на переменном токе. // Геофизика. 2001, № 5, С. 50-56.
6. Каринский А.Д., Кудина Я.О., Матюшенко А.А. К бесконтактной модификации электроразведки методом сопротивлений. В сборнике: "[Разведочная геофизика и геоинформатика](#)". Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 28-33.
7. Каринский А. Д., Кудина Я. О., Матюшенко А. А. Бесконтактные измерения в электроразведке методом сопротивлений; опыт математического моделирования. // Тезисы докладов XV Международной научно-практической конференции "Новые идеи в науках о Земле". Том IV, С. 298 - 302, г. Москва. 01 - 02 апреля 2021 г.
8. Нахабцев А.С., Сапожников Б.Г., Яблчанский А.И., Электропрофилирование с незаземлёнными рабочими линиями 1985. Л., Недра, 96 с.

К применению БПЛА в электроразведке; влияние локальных объектов на магнитное поле незаземлённой петли. Каринский А.Д. (МГРИ, akarinski@mail.ru), Зуденков И.А. (МГРИ, ivan.zoudenkov@gmail.com), Матюшенко А.А (МГРИ, matiushenkoaa@mgri.ru)*

Аннотация

Всё более широкое применение в электроразведке и магниторазведке находит применение беспилотных летательных аппаратов. При этом измерительные приборы расположены не на поверхности земли, а на значительной высоте над этой поверхностью. Ниже приведены результаты математического моделирования для случая, когда возбудителем нормального магнитного поля служит лежащий на поверхности земли замкнутый контур электрического тока, а источники аномального поля - расположенные под этой поверхностью локальные намагниченные объекты. Результаты моделирования показали какое влияние эти объекты оказывают на разные компоненты магнитного поля.

Ключевые слова

Электроразведка; незаземлённая петля; математическое моделирование.

Теория

В последние годы было проведено много исследований связанных с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в электроразведке и магниторазведке. Некоторые результаты таких исследований были опубликованы, например, в работах [1], [2]. В этой работе приведены результаты математического моделирования для следующих условий. Имеющая прямоугольную форму линия l электрического тока I ("прямоугольная петля") лежит на границе S однородного нижнего проводящего полупространства V_2 и верхнего полупространства V_1 (воздух). Ток I - возбудитель нормального магнитного поля $\vec{H}^{\text{норм}}$. В полупространстве V_2 на небольших глубинах от поверхности S расположены пять имеющих форму шара локальных объектов с повышенной магнитной проницаемостью μ . Эти объекты - возбудители аномального магнитного поля $\vec{H}^{\text{аном}}$. Суммарное магнитное поле $\vec{H}^{\text{сумм}} = \vec{H}^{\text{норм}} + \vec{H}^{\text{аном}}$.

При математическом моделировании были вычислены в полупространстве V_1 декартовы компоненты полей $\vec{H}^{\text{норм}}$, $\vec{H}^{\text{сумм}}$ и $\vec{H}^{\text{аном}} = \vec{H}^{\text{сумм}} - \vec{H}^{\text{норм}}$ на высоте h над границей S . Методика расчёта влияния локальных объектов на постоянное и переменное поле приведена в работах [3], [4], [5].

Заметим ещё, что (на этом этапе) приведенные ниже результаты расчётов получены для постоянного тока I и постоянного магнитного поля. Но очевидно, что эти результаты останутся справедливыми для компонент низкочастотного гармонически меняющегося поля при измерении меняющихся синфазно или в противофазе с током I реактивных составляющих магнитного поля. В отличие от аналогичной модели для магнитного поля переменного тока I выражения для постоянного магнитного поля - элементарные функции, а не несобственные интегралы в смысле главного значения.

На рисунке 1, *а* показаны карта $H_z^{\text{норм}}$ (при высоте $h=5$ м) и положение прямоугольной петли в плоскости S . Понятно, что над линией l тока I компонента $H_z^{\text{норм}}$ меняет знак, а величина $|H_z^{\text{норм}}|$ убывает с удалением от линии l .

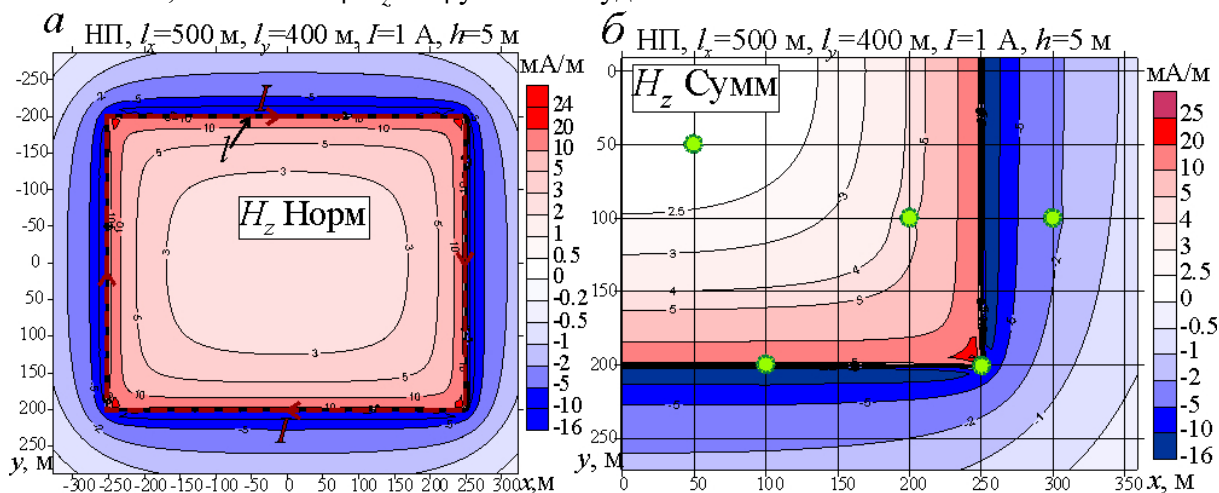


Рисунок 1. Карты компонент $H_z^{\text{норм}}$ и $H_z^{\text{сумм}}$

На рисунке 1, *б*, где приведена карта $H_z^{\text{сумм}}$, пределы изменения координат x , y меньше, чем на рисунке 1, *а*. Кружками зелёного цвета показано положение в плане расположенных в нижнем полупространстве пяти локальных намагниченных объектов. На этом рисунке видим, что при заданных параметрах модели влияние локальных объектов на карте $H_z^{\text{сумм}}$ практически не заметно. Это очевидно обусловлено тем, что при возбуждении поля $\vec{H}^{\text{норм}}$ прямоугольной линией l тока I абсолютная величина $|H_z^{\text{норм}}| \gg |H_z^{\text{аном}}|$.

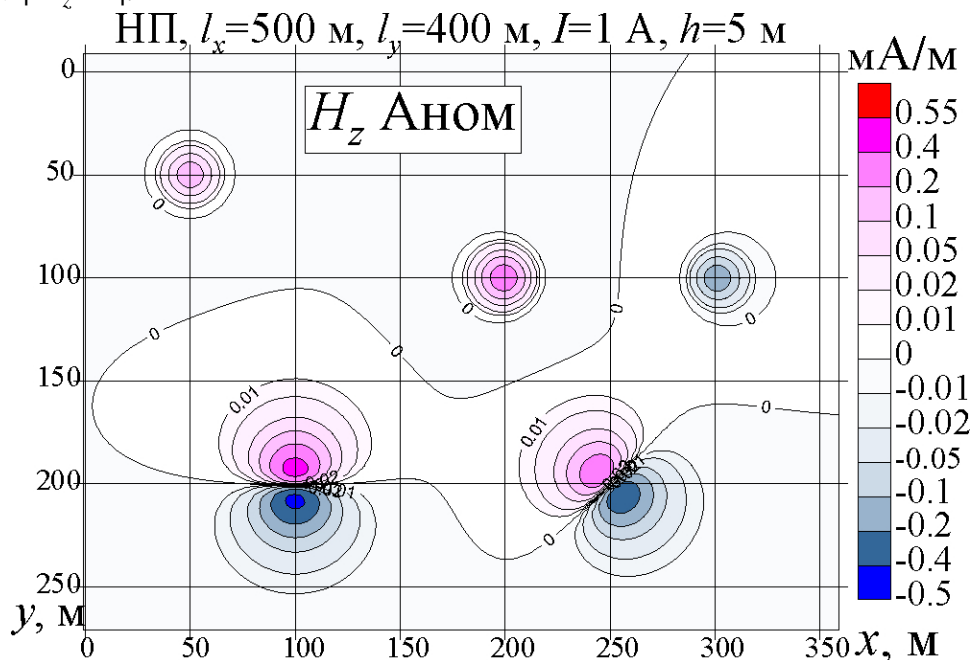


Рисунок 2. Карта компоненты $H_z^{\text{аном}}$

На рисунке 2 показана карта компоненты $H_z^{\text{аном}} = H_z^{\text{сумм}} - H_z^{\text{норм}}$. Конечно, на этой карте мы видим аномалии, обусловленные влиянием всех локальных объектов. Но при сравнении значений $H_z^{\text{аном}}$ и $H_z^{\text{норм}}$ на рисунках 1, а, 2 видим, что действительно, как уже было отмечено, $|H_z^{\text{аном}}| \ll |H_z^{\text{норм}}|$. Конечно, при математическом моделировании значения $H_z^{\text{аном}}$ могли быть вычислены с очень высокой точностью. А для выяснения вопроса о том можно ли на практике для определения $H_z^{\text{аном}}$ обеспечить высокую точность измерения $H_z^{\text{сумм}}$, вычисления $H_z^{\text{норм}}$ и последующего расчёта разности $H_z^{\text{аном}} = H_z^{\text{сумм}} - H_z^{\text{норм}}$ нужны экспериментальные исследования.

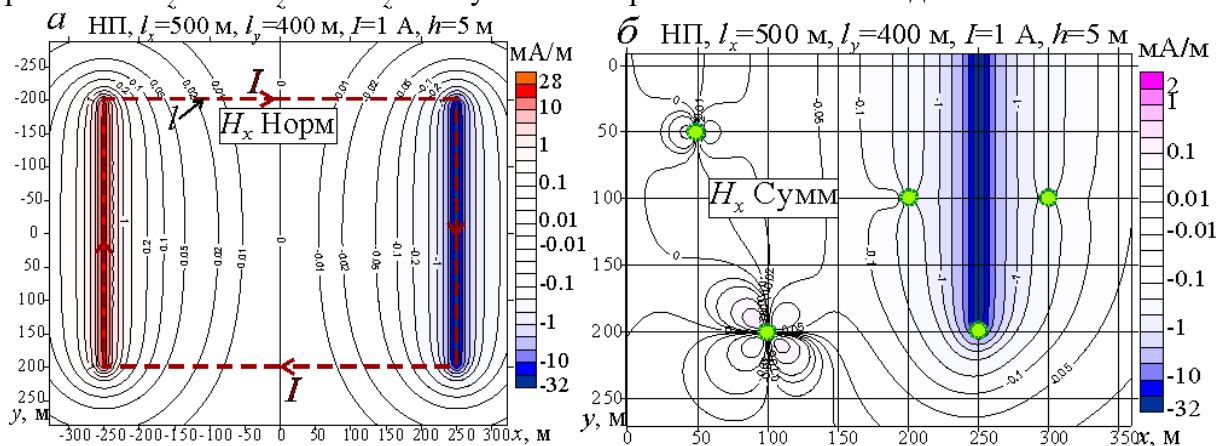


Рисунок 3. Карты компонент $H_x^{\text{норм}}$ и $H_x^{\text{сумм}}$

На рисунке 3, а показана карта горизонтальной компоненты $H_x^{\text{норм}}$. В соответствии с законом Био – Савара – Лапласа максимальные значения $|H_x^{\text{норм}}|$ мы наблюдаем над теми отрезками контура l , ток I по которым коллинеарен направлению оси Y . В центральной части карты справедливо неравенство $|H_x^{\text{норм}}| \ll |H_z^{\text{норм}}|$ (см. рисунок 1, а). Вместе с тем весьма существенно то, что намагничение локальных объектов и значения $H_x^{\text{аном}}$ зависит, конечно, не только от составляющей $H_x^{\text{сумм}}$, а от всех компонент суммарного поля $\vec{H}^{\text{сумм}}$, в том числе от компоненты $H_z^{\text{сумм}}$. Поэтому влияние локальных объектов на компоненту $H_x^{\text{сумм}}$ проявляется значительно "заметнее", чем такое влияние на компоненту $H_z^{\text{сумм}}$.

Это мы видим на рисунке 3, б, на котором показаны карта $H_x^{\text{сумм}}$. На этой карте отчётливо видны две аномалии, обусловленные намагниченными локальными объектами. Это - те объекты, центры которых имеют координаты $x=50$ м, $y=50$ м и $x=100$ м, $y=200$ м. То есть при возбуждении нормального магнитного поля прямоугольной петлёй тока I по сравнению с $H_z^{\text{сумм}}$ компонента $H_x^{\text{сумм}}$ более "чувствительна" к влиянию локальных намагниченных объектов. Кроме того, некоторое влияние на составляющую $H_x^{\text{сумм}}$ оказывают локальные объекты с координатами центров $x=200$ м, $y=100$ м и $x=300$ м, $y=100$ м.

Подобные результаты были, конечно, получены и для другой горизонтальной – у - компоненты магнитного поля. Только максимальные значения $|H_y^{\text{норм}}|$ в этом случае мы наблюдаем над теми отрезками контура l , ток I по которым коллинеарен направлению оси X.

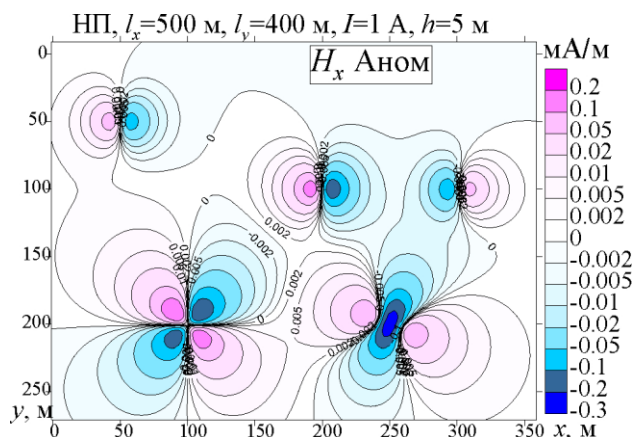


Рисунок 4. Карта компоненты $H_x^{\text{аном}}$

На рисунке 4 показана карта компоненты $H_x^{\text{аном}} = H_x^{\text{сумм}} - H_x^{\text{норм}}$. Отметим, что при заданных параметрах модели значения $|H_x^{\text{аном}}|$ достигают десятых долей мА/м, что больше значений $|H_x^{\text{норм}}|$ в центральной части карты на рисунке 3, а.

Выводы

Результаты моделирования показали, что при возбуждении магнитного поля незаземлённой петлёй и измерениях с применением БПЛА при поисках локальных магнитных объектов более "чувствительными" к влиянию этих объектов являются горизонтальные компоненты магнитного поля.

Библиография

1. Давыденко С.Ю., Терёшкин С.А., Давыденко А.Ю., Снопков С.В., Паршин А.В., Давыденко Ю.А. Применение БПЛА и наземных геофизических методов при изучении древнего металлургического комплекса на участке Барун-Хал II (Западное Прибайкалье) // Геоархеология и археологическая минералогия. Т. 8. - Миасс: ИМин УрО РАН, 2021. - С. 35-40.
2. Давыденко Ю.А., Башкеев А.С., Яковлев С.В., Шкиря М.С., Бухалов С.В., Крайнова Е.А., Шарлов М.В., Паршин А.В., Персова М.Г.. Первые результаты тестирования технологии БПЛА-МПП на Байкале. VIII Всероссийская школа-семинар ЭМЗ-2021, Москва, 4-9 октября 2021, dya@geo.istu.edu.
3. Каринский А. Д., Даев Д. С., Мазитова И. К., Юдин М. Н. Математическое моделирование влияния локальных объектов на результаты методов сопротивлений электроразведки. Международная научно-практическая конференция "Теория и практика разведочной и промысловой геофизики", г. Пермь, 24–26 ноября 2016 г. Доклады, с. 122- 126. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29651398>.

4. Каринский А. Д., Даев Д. С. Влияние локальных объектов на результаты электроразведки методом сопротивлений; опыт математического моделирования. // «Геофизика». Научно-технический журнал. 2017, № 1, с. 35- 44.

5. Каринский А. Д. Влияние локальных объектов на результаты некоторых методов электроразведки; данные математического моделирования/. М., 2022. 82 с. [Электронный ресурс/Текст]. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49336362_27252328.pdf.

Геофизические методы при ведении мониторинга опасных эндогенных процессов. Кравченко С.Ю. (МГРИ, ФГБУ «Гидроспецгеология», ser_app@bk.ru)

Аннотация

Предоставляется информация о методах, которые используются при ведении мониторинга опасных эндогенных процессов, а именно наблюдение за гидрогеодеформационным полем, естественным импульсным электромагнитным полем земли (ЕИЭМПЗ), также наблюдение за сейсмической активностью в обособленных для проведения геологических работ зонах и применение естественного радиоактивного газа радона, являющегося оптимальным индикатором при подобных геологических исследованиях. Для описываемых методов предоставляются примеры аппаратуры, применяемая для конкретных типов исследования. Предоставлены результаты по методу ЕИЭМПЗ.

Ключевые слова

Мониторинг, опасные эндогенные процессы, гидрогеодеформационное поле, геодинамическое состояние, ЕИЭМПЗ, сейсмичность.

Теория

Мониторинг опасных эндогенных геологических процессов является подсистемой *государственного мониторинга состояния недр* (ГМСН). Подсистема мониторинга опасных эндогенных геологических процессов предназначена для оперативного контроля за изменением напряженно-деформированного состояния горных пород сейсмоактивных зон с целью прогноза сильных землетрясений. Согласно приказу МПР РФ от 21.05.2001 N 433 подсистема одновременно является составной частью федеральной *системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений* (ФССН). Мониторинг опасных эндогенных геологических процессов ведется в сейсмоактивных регионах Российской Федерации.

Мониторинг опасных эндогенных геологических процессов на территории сейсмоопасных регионов России проводится с помощью следующих методов:

1. Мониторинг гидрогеодеформационного поля;
2. Мониторинг геофизических полей на полигонах
 - a. Мониторинг ЕИЭМПЗ;
 - b. Мониторинг слабой сейсмичности;
 - c. Мониторинг объемной активности радона в подземных водах или подпочвенном воздухе.

Мониторинг опасных эндогенных геологических процессов на территории сейсмоопасных регионов России осуществляется с применением телеметрических средств измерения и передачи данных по каналам сотовой и спутниковой связи, установленных в наблюдательных скважинах и на пунктах наблюдений за геофизическими полями.

Результаты мониторинга опасных эндогенных геологических процессов, изложенные в ежемесячных бюллетенях, наряду с оперативными сообщениями об аномальном поведении наблюдаемых параметров, являются геолого-информационной

основой для составления прогнозов землетрясений и других опасных геодинамических процессов. Они используются ВНИИ ГОЧС МЧС России для составления экспертных заключений по оценке возможного сейсмического риска на территории сейсмоопасных регионов и РЭС при составлении справок о вероятном развитии сейсмической обстановки на территории России. Ниже в таблице 1 приведено количество пунктов наблюдения в регионах для каждого из методов, и также общее количество ПН в каждом методе и исследуемом регионе.

Таблица 1 – Пункты наблюдения в регионах

Регионы	Северо-Кавказский	Алтае-Саянский	Байкальский	Дальневосточный	Итого
ГГД	19	20	26	38	103
ЕИЭМПЗ	12	6	10	9	37
РСС	18	9	10	21	58
ГГХ	4	4	3	2	13
Всего ПН	53	39	49	70	211

Метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) основан на явлении генерирования электромагнитных импульсов горными породами в условиях их естественного залегания. В переменном поле механических напряжений породы, содержащие минералы-диэлектрики, благодаря механоэлектрическим преобразованиям излучают электромагнитные импульсы. В глинистых породах, кроме раскалывания и деформации частиц минерального скелета, в формировании импульсных электромагнитных полей принимают участие и двойные электрические слои. Интенсивная фильтрация жидкости в капиллярах, порах и других полостях, также сопровождается поляризацией и возникновением ЕИЭМПЗ. Гидродинамические поля напряжений связаны с фильтрационными подземными потоками. Он позволяет на глобальном, региональном и локальном уровнях решать задачу выявления и прогнозирования опасных геологических процессов [1].

Проводимые наблюдения позволяют выявить особенность в изменении интенсивности ЕИЭМПЗ перед близкими землетрясениями: 1) аномальный ход наблюдается за 3 или менее суток до толчка, 2) максимум интенсивности приходится на 8-40 часов до землетрясения, 3) сейсмические события всегда происходили на спаде интенсивности, 4) интенсивность ЕИЭМПЗ в максимуме аномального хода в 4-5 раз и более превышает интенсивность регулярных вариаций. Помимо стабильных суточных наблюдаются и сезонные вариации ЕИЭМПЗ, имеющие характер колебания “с двумя горбами”, где минимумы излучения приходятся на осенние и весенние месяцы, а максимумы – на зимние и летние [2].

Регистрация ведется посредством трех типов оборудования: многоканальных регистраторов «МГР-01», «МГР-02-16», «МГР-02-17» и одноканальных регистраторов с регулируемой резонансной частотой «ГР-01М».

Ниже показан результат выявления особенности в изменении интенсивности ЕИЭМПЗ перед близкими землетрясениями в Северо-Кавказском регионе по п. Санамер в период с 01.01.2022 г. по 31.01.2022 г. (Рисунок 1). Обработка и интерпретация данных производилась южным региональным центром ГМСН.

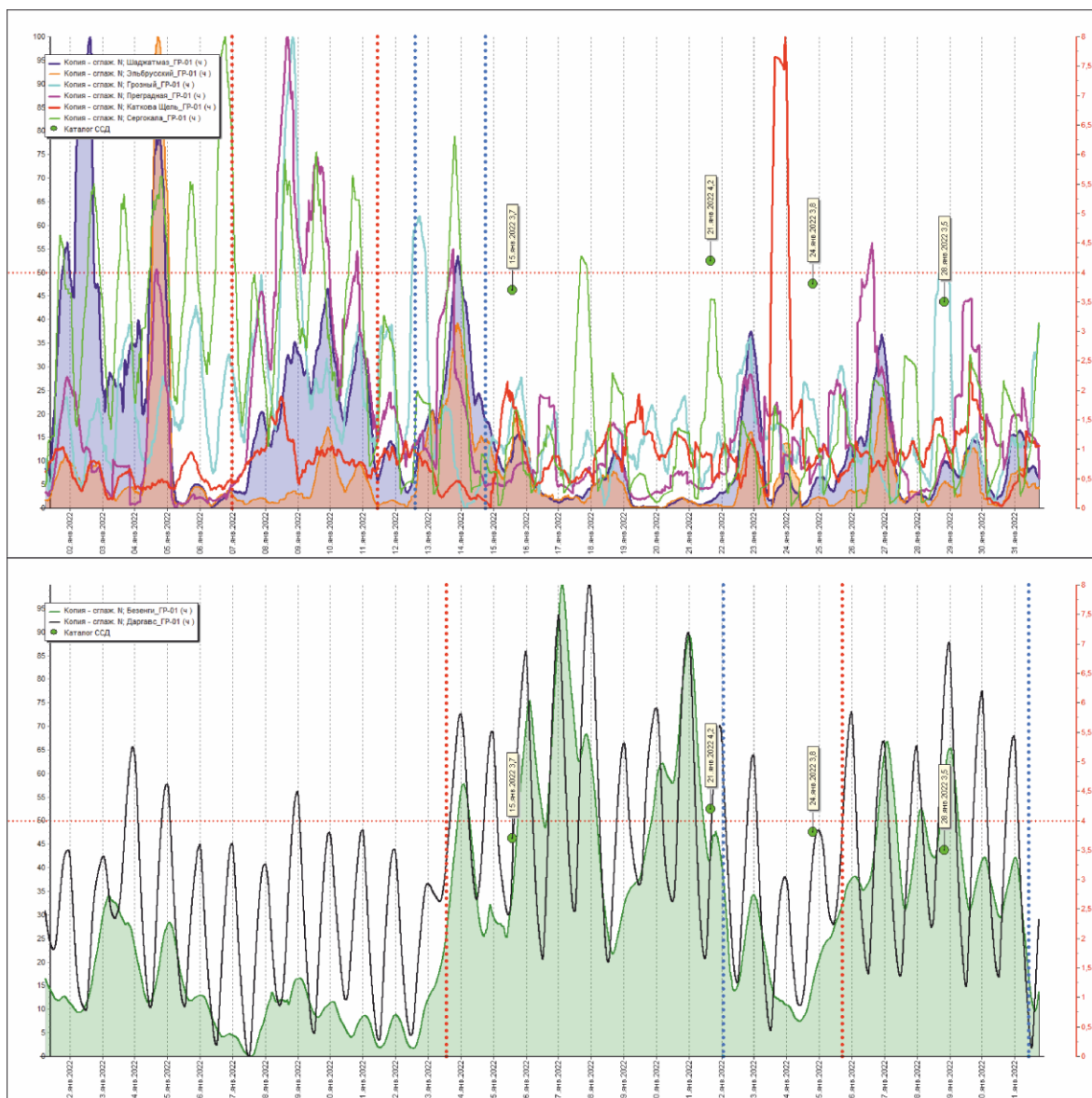


Рисунок 1. Комплексный график вариаций ЭМИ (ЕИЭМПЗ) в период с 01.01.2022 г. по 31.01.2022 г.

Кроме ЕИЭМПЗ при мониторинге опасных эндогенных геологических процессов ведутся наблюдения за слабой сейсмичностью. Данные наблюдения позволяют установить наличие разгрузки тектонических напряжений, в том числе в виде землетрясений с малой магнитудой (от 0,5-1,5).

Наблюдения за слабой сейсмичностью осуществляются с помощью локальных сетей сейсмических станций на полигонах в сейсмоопасных регионах. При ведении мониторинга опасных эндогенных геологических процессов используется четырехканальный регистратор сейсмических сигналов РСС «Дельта-3» (с сейсмоприемником СПВ-3К), РСС «Байкал-8» и РСС «NDAS-8226» (с сейсмоприемником СМЕ – 4311ND, иногда добавляется акселерометр MTSS-1041A) [3].

Также на полигонах ведутся наблюдения за объемной активностью радона в подземных водах или почвенном воздухе. Основной задачей данного метода является

определение аномалий объемной активности радона, связанных с геодинамическими процессами. Как известно, естественный радиоактивный газ радон является продуктом распада радия, который, в свою очередь, появился в результате распада урана-238. Из-за своих особенностей радон – оптимальный индикатор при различных геологических исследованиях. Радон, как радиогенный газ непрерывно генерируется в горных породах в процессе радиоактивного распада, то есть всегда присутствует в любом горном массиве, и уменьшение его концентрации как за счет распада (период полураспада радона равен 3,825 дня), так и за счет миграции из массива в воздух постоянно компенсируется новой генерацией этого газа.

Проницаемость массива, наличие в нем связанных пор и трещин, заметно зависит от напряженно-деформированного состояния массива. Очевидно, что при сжатии массива проницаемость его снижается, а при разгрузке увеличивается. Соответственно изменяется кажущийся коэффициент диффузии. Следовательно, динамические изменения концентрации радона в приповерхностном слое почвы будут отражать динамические изменения напряженно-деформированного состояния горного массива в значительном объеме. Указанные факторы и послужили основой для исследования поля вариаций эксгаляции (процесс выделения газа) радона как краткосрочного предвестника сейсмических событий [4].

При наблюдениях используются радиометры радона РРА-01М-01 и «Альфарад +».

Выводы

Ведение мониторинга опасных эндогенных процессов является крайне важной частью для жизнеобеспечения населения регионов, в которых подобные процессы вероятны. Необходимым является дальнейшее геологическое изучение и расширение наблюдательной сети мониторинга опасных эндогенных геологических процессов для оценки напряженно-деформированного состояния недр и степени сейсмической опасности.

Библиография

1. Жиленко О.Б., Саломатин В.Н., «Обзор областей применения геофизического экспресс-метода ЕИЭМПЗ», – Строительство и техногенная безопасность, 2006, № 15-16, стр. 213-214
2. Забирченко Д.Н., «Анализ взаимосвязи циклических вариаций геофизических полей с воздействием приливных деформаций по данным наблюдений ЕИЭМПЗ в Северо-Кавказском сейсмоактивном регионе», – Геология и геофизика Юга России, 2016, № 2, стр. 35-38;
3. Петров С.А., Захарченко Л.С., «Инструменты для сейсмологических наблюдений», – ООО «ДСис» (эксклюзивный дистрибутор компании Guralp Systems Ltd.), 2015, стр. 3-4
4. Уткин В.И., «Радон и проблема тектонических землетрясений», – Соросовский образовательный журнал, 2000, № 12, стр. 64-56.

Анализ применения сейсморазведочных работ для уточнения геологического строения на участке строительства Рублёво-Архангельской линии метрополитена. Кругляков А.Н. * (МГРИ, oberon9996@mail.ru)

Аннотация

В статье поднимается вопрос возможности и целесообразности применения сейсморазведочных работ для уточнения геологического строения и гидрогеологических условий на участке предполагаемого строительства одной из станций Рублёво-Архангельской линии московского метрополитена.

Ключевые слова

Сейсморазведка, МОВ-ОГТ, МПВ, инженерная геология.

Теория

Геофизические исследования проводились с целью уточнения геологического строения и гидрогеологических условий на участке предполагаемого строительства одной из станций Рублёво-Архангельской линии метрополитена. Участок предполагаемого строительства находится в ЦАО и СЗАО г. Москва на плотно застроенной территории с многочисленными подземными коммуникациями.

В геологическом отношении на исследуемом участке принимают участие следующие отложения (сверху вниз). Четвертичные отложения (tQIV, aQIII, fQIIod, gQII dn) представлены песками различной крупности и суглинками. Мощность четвертичных отложений составляет приблизительно 27.2-37.0 м. Ниже по разрезу залегают верхнекаменноугольные отложения неверовской толщи (C_{3nvr}) представленные глинами, мощностью отложений до 3.0 м. Верхнекаменноугольные отложения ратмировской толщи (C_{3rt}) представлены известняками, водоносными и известняками, разрушенными до состояния глыб, дресвы и щебня с глинистым заполнителем, водоносными, мощностью до 5.1 м. Верхнекаменноугольные отложения воскресенской толщи (C_{3vs}) представлены глинами, мощностью до 16.0 м. Верхнекаменноугольные отложения суворовской толщи (C_{3sv}) представлены известняками и глинами [1].

Для решения поставленных задач были проведены сейсморазведочные работы методами отражённых (МОВ-ОГТ) и преломлённых волн (МПВ).

Метод отражённых волн (МОВ) – ведущий метод разведочной геофизики при решении разнообразных задач структурной и инженерной геологии. Высокая разрешающая способность метода даёт возможность более детально изучить строение близко расположенных геологических неоднородностей. Метод позволяет определить рельеф кровли скальных грунтов, установить границы между слоями различного литологического состава и состояния в скальных и дисперсных грунтах, определить местоположение и глубину зон трещиноватости, изучать инженерно-геологические процессы (склоновые, карстовые) [2].

Наблюдения проводились с поверхности земли. Пункты приема (ПП) располагались с шагом 1.0 м, пункты возбуждения (ПВ) располагались с шагом 4.0 м. Для увеличения кратности по краям расстановки были выполнены от 2-х до 4-х выносных ПВ. Точки физических наблюдений (т.ф.н.) рассчитываются через 4.0 м вдоль линии приема. Для увеличения соотношения сигнал/помеха на каждом ПВ выполнялось от 8 до 16 ударов кувалдой массой 6 кг. Типовая схема наблюдений и расстановки МОВ-ОГТ представлена на рисунке 1.

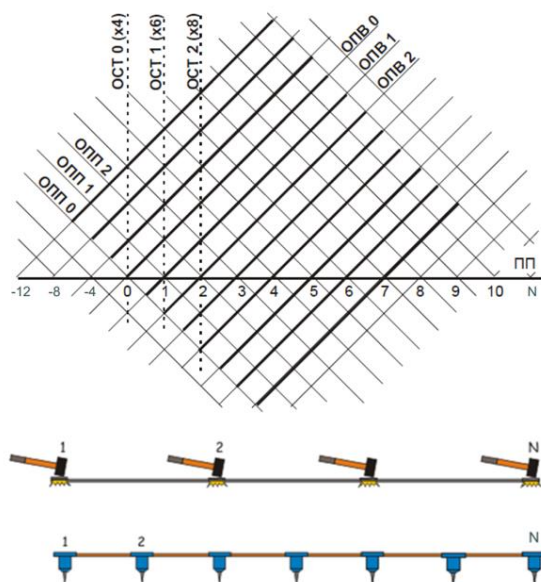


Рисунок 1. Типовая схема наблюдений и расстановки МОВ-ОГТ

В методе преломлённых волн (МПВ) регистрируются и анализируются головные, рефрагированные и преломлённо-рефрагированные волны. Главным достоинством метода является возможность определения граничных скоростей в слоях, малая зависимость от помех со стороны кратно отражённых и поверхностных волн [3].

Метод позволяет определить рельеф кровли скальных грунтов, установить границы между слоями различного литологического состава и состояния в скальных и дисперсных грунтах, определить местоположение и глубину зон трещиноватости, изучать состав, состояние и свойства скальных и дисперсных грунтов, гидрогеологические условия (глубины залегания подземных вод), инженерно-геологические процессы (склоновые, карстовые) [4].

Наблюдения проводились с поверхности земли. Пункты приема (ПП) располагались с шагом 1.0 м, пункты возбуждения (ПВ) располагались с шагом 6.0 м. Для обеспечения прослеживания преломляющих границ по краям расстановки было выполнено от 3-х до 6-ти выносных ПВ. Точки физических наблюдений (т.ф.н.) рассчитывались по количеству ПВ для каждой расстановки, при этом длина участка обследования равна длине линии ПП. Для увеличения соотношения сигнал/помеха на каждом ПВ выполнялось от 8 до 16 ударов кувалдой массой 6 кг. Типовая схема расстановки МПВ представлена на рисунке 2.

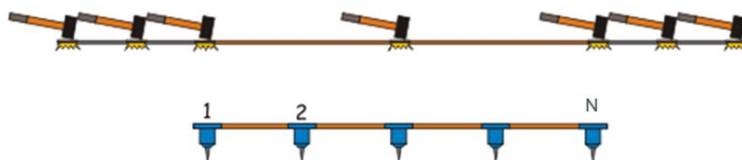


Рисунок 2. Типовая схема расстановки МПВ

Полевые сейсмические исследования производились телеметрической сейморазведочной системой ТЕЛСС-3 с применением сейсмоприемников GS20DX (продольные), GS20DX-2В (поперечные). Запись сейсмических данных производилась на жесткий диск ноутбука. Полученная информация (формат файлов SEG-Y) была обработана в программе RadExPro.

По результатам проведенных геофизических исследований участок проведения сейморазведочных работ характеризуется высоким уровнем шумов и помех техногенного характера, небольшим различием акустической жесткости пород древних аллювиальных отложений (аQIII) и флювиогляциальных отложений окско-днепровского межледникового (fQПод), что весьма усложнило процесс регистрации полевых материалов и, последующую их обработку и интерпретацию и, к сожалению, не выявило границ в четвертичных отложениях.

На рисунке 3 представлен глубинный сейсмический разрез по поперечным волнам.

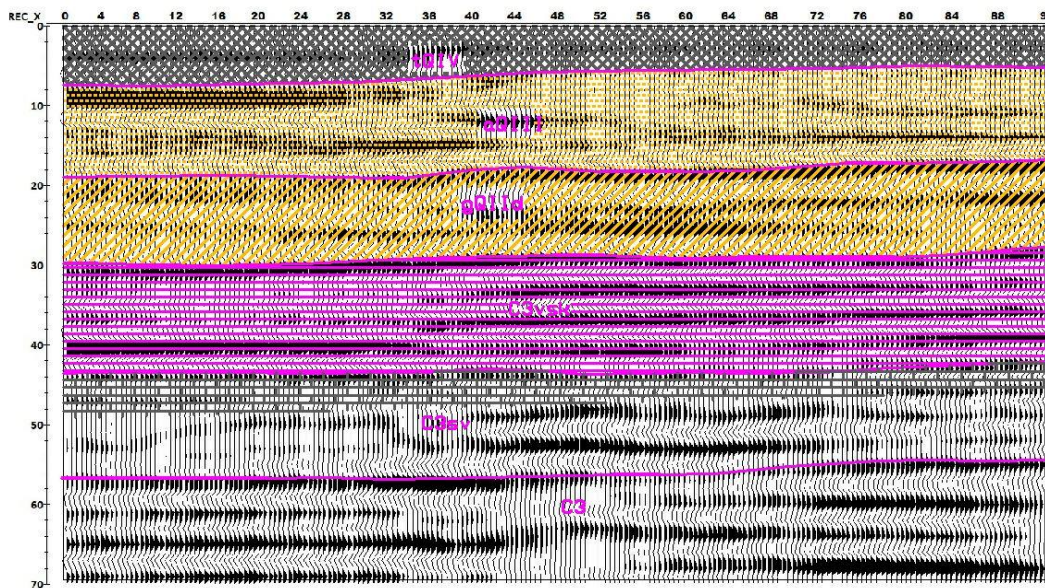


Рисунок 3. Глубинный сейсмический разрез по поперечным волнам

Длина профиля составила 92.0 м. В интервале глубин 5.0 – 7.0 м от поверхности земли на разрезе прослеживаются отражения от границы между техногенными отложениями (tQIV) и древними аллювиальными отложениями (аQIII), представленные, по данным буровых и лабораторных работ, песками. В интервале глубин 18.0 – 19.0 м от поверхности земли прослеживаются отражения от границы между древними аллювиальными отложениями (аQIII), представленные, по данным буровых и лабораторных работ, песками и моренными отложениями днепровского оледенения

(gQId), представленные по данным буровых и лабораторных работ, суглинками. В интервале глубин 28.0 – 30.0 м от поверхности земли прослеживаются отражения от кровли глин верхнекаменноугольных отложений воскресенской толщи (C_{3vsk}). В интервале глубин 55.0 – 57.0 м от поверхности земли прослеживаются отражения от границы смены литологического состава в верхнекаменноугольных отложениях (C₃).

Для определения кровли водонасыщенных пород по продольным волнам профиль был обработан по методике корреляционной преломленной волны (КМПВ). Результаты обработки профиля методом КМПВ по продольным волнам представлен на рисунке 4.

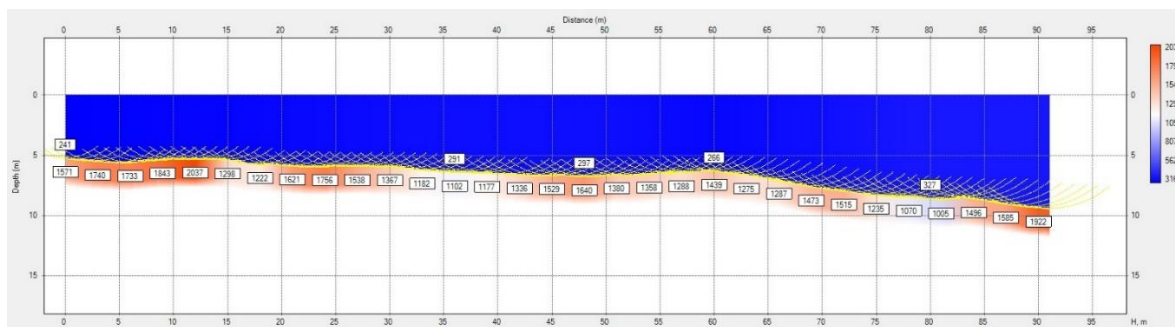


Рисунок 4. Результаты обработки профиля методом КМПВ по продольным волнам

В интервале глубин 5.0 – 9.0 м от поверхности земли прослеживается преломляющая граница, приуроченная к кровле водонасыщенных пород. Средние скорости по продольным волнам составили в верхнем слое (песок аQIII) - $V_p=270$ м/с и нижнем слое (песок водонасыщенный аQIII) - $V_p=1500$ м/с.

Выводы

В ходе работы был проведён анализ возможностей применения сейсморазведки для уточнения геологического строения и гидрогеологических условий на участке характеризующемся плотно застроенной, наличием подземных коммуникаций и других техногенных помех.

Для более точного построения сейсмической модели можно провести сейсморазведочные исследования методом вертикального сейсмического профилирования.

Для более детального уточнения геологического и гидрогеологического строения участка работ в комплекс геофизических работ можно включить электротомографию и гамма-каротаж.

Библиография

1. Осипов В.И., Медведев О.П. Москва. Геология и город. Москва: Московские учебники и Картолитография, 1997
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь: АИС, 2006
3. Бондарев В.И. Сейсморазведка. Екатеринбург. 2007
4. Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика: Учеб. для вузов. Москва: Недра, 2010

Программно-методическое обеспечение численной обработки и интерпретации данных бокового сканирующего каротажа в процессе бурения скважин. Липатников А.И.* (МГРИ, lipatnikov.toni@mail.ru), Алтухов Е.Е. (МГРИ, aee@mgri.ru)

Аннотация

Повышение достоверности и оперативности интерпретации результатов измерения методом бокового сканирующего каротажа в наклонно-направленных скважинах путем анализа возможностей и ограничений метода, учета скважинных условий измерения и создания алгоритмов автоматической обработки и интерпретации имиджей удельного электрического сопротивления (УЭС).

Ключевые слова

Программно-методическое обеспечение, бурение наклонно-направленных скважин, интерпретация.

Теория

В последнее время происходит повсеместный переход в бурении от вертикальных скважин к наклонно-направленным скважинам с горизонтальным завершением при разработке нефтяных месторождений. Такое бурение скважин имеет ряд преимуществ: увеличивается зона дренирования нефтяного пласта, бурение многоствольных скважин, а также возможность кустового бурения.

Объект исследования – сигналы бокового сканирующего каротажа (БКС) в процессе бурения наклонно-направленных скважин, вскрывающих нефтенасыщенные коллекторы терригенных разрезов Западной Сибири. Интерпретация данных БКС является одним из передовых способов, используемых в мире при геонавигации наклонно-направленных нефтяных скважин.

Глубокие сверточные искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой особую разновидность алгоритмов машинного обучения, которые хорошо зарекомендовали себя при решении задач, связанных с обработкой сигналов и изображений, в том числе и в скважинной геофизике [2]. Сверточные ИНС базируются на фундаментальных концепциях нейронных сетей и используют функцию свертки для передачи информации между слоями ИНС. Имиджи УЭС, получаемые в результате обработки измерений БКС, представляют собой, по сути, изображение электрических свойств среды вокруг скважины, поэтому применение сверточных ИНС для их обработки является весьма перспективным направлением.

Для того чтобы ИНС могли качественно решать поставленные задачи, их необходимо обучить на наборе данных представительного объема, при этом одним из возможных подходов к его созданию является проведение масштабного численного моделирования. Недостаток такого подхода состоит в длительности процесса расчета сигналов БКС из-за трехмерной постановки задачи. Одно из возможных решений состоит в применении параллельных вычислений на высокопроизводительных

устройствах (графических ускорителях и суперкомпьютерных кластерах). Другое возможное решение состоит в аугментации данных из обучающей выборки – создании дополнительных данных из уже имеющихся путем применения простых преобразований, не требующих значительных вычислительных ресурсов.

Аугментация увеличивает как объем, так и разнообразие данных, что является эффективной стратегией борьбы с переобучением ИНС [5].

Для создания обучающего набора данных алгоритм трехмерного численного моделирования измерений БКС [1] адаптируется для расчета сигналов в геоэлектрических моделях, где скважина пересекает большое количество слоев с разноориентированными в пространстве границами. Двадцать случайно сгенерированных геоэлектрических моделей среды содержат от 14 до 96 слоев, при этом углы и азимуты падения границ в моделях меняются плавно по глубине скважины и варьируются, соответственно, от 0° до 89° и от 0° до 359° . УЭС слоев в моделях распределены логнормально и варьируются от 1 до 500 Ом·м. Полученные в результате численного моделирования синтетические сигналы (кажущиеся УЭС) затем логарифмируются, поскольку для обучения ИНС эффективнее использовать нормально распределенные величины.

Для расширения обучающей выборки к полученным в результате трехмерного численного моделирования имиджам УЭС применяется процедура аугментации [4]. В задачах, связанных с компьютерным зрением, аугментацию данных зачастую проводят при помощи простых преобразований исходных изображений: сдвигов, поворотов, масштабирования. Поскольку имиджи представляет собой панорамные изображения стенки скважины, наиболее естественным способом аугментации является применение операции последовательного кругового сдвига на один отсчет в азимутальном направлении. Таким образом, объем обучающего набора данных увеличивается в 16 раз (по числу азимутальных измерений), при этом не требуется значительных вычислительных ресурсов. Помимо кругового сдвига для расширения набора данных также возможно применение других преобразований (горизонтальных и вертикальных отражений, масштабирования). Полный процесс получения обучающего набора данных схематично показан на рис. 1.

Для того чтобы преобразовать синтетические имиджи УЭС в псевдопрактические применяется шум Перлина – математический алгоритм, использующийся для генерации текстур псевдослучайным методом, при этом не требующий серьезных вычислительных мощностей.

Представленный подход к созданию обучающего набора данных позволяет получить реалистичные синтетические имиджи УЭС в геоэлектрических моделях, где скважина пересекает границы с любыми возможными параметрами (z , θ , φ), при этом для каждой границы известны их истинные значения. Применение аугментации позволяет значительно сократить время, необходимое для получения набора данных, достаточного для обучения глубоких ИНС. Полученный таким образом набор данных может быть адаптирован под конкретную задачу и используется далее для обучения сверточных ИНС, применяемых для решения двух задач: подавления случайных помех и поточечного детектирования геоэлектрических границ на имиджах УЭС.

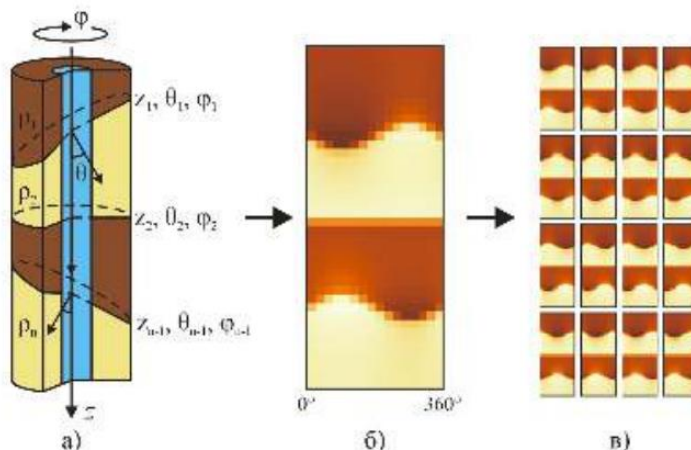


Рисунок 1. Схема получения обучающего набора данных: а – геоэлектрическая модель, в которой рассчитываются сигналы прибора; б – имидж УЭС, полученный в результате трехмерного численного моделирования; в – имиджи УЭС, полученные в результате аугментации.

Интерпретация имиджей УЭС осложняется наличием в измерениях случайных помех, обусловленных погрешностью измерения прибора. Традиционный подход к обработке имиджей УЭС подразумевает применение процедур фильтрации с использованием, например, медианного фильтра или фильтра Гаусса. Недостаток такого подхода состоит в том, что при фильтрации возможна потеря важной информации, содержащейся в исходных сигналах прибора. В то же время широкое развитие методов машинного обучения в последние годы позволяет строить более сложные фильтры с применением ИНС. В комбинации с численным моделированием сигналов БКС такой подход является перспективным, поскольку в качестве «ответов» ИНС может получать истинные незашумленные имиджи УЭС.

С учетом описанных выше проблем при помощи ИНС решается задача регрессии, где по входным зашумленным сигналам восстанавливаются истинные сигналы без шума. Зашумленный имидж УЭС произвольной длины подается на вход ИНС, проходит через ряд слоев, состоящих из сверточных фильтров или меняющих разрешение имиджа, а на выходе восстанавливается незашумленный имидж УЭС. Для обучения ИНС в качестве «ответов» используются синтетические имиджи УЭС, а в качестве входных данных – те же имиджи с добавлением нормально распределенного шума, дисперсия которого возрастает с увеличением кажущегося УЭС, что типично для гальванических методов.

В качестве архитектуры ИНС используется сверточный автокодировщик – ИНС, состоящая из двух частей: кодировщика и декодировщика (рис. 2). Разработанная ИНС включает входной слой, два скрытых сверточных слоя и один субдискретизирующий слой кодировщика, скрытый центральный сверточный слой, создающий сжатое представление исходного имиджа УЭС, скрытые один слой увеличения разрешения и два сверточных слоя декодировщика, а также выходной сверточный слой. После прохождения всех слоев на выходе получается двумерный массив того же размера, что и входной имидж УЭС.

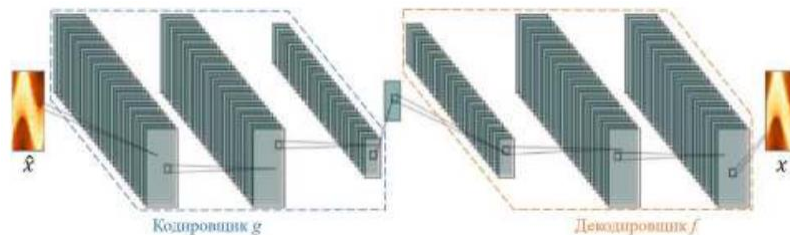


Рисунок 2. Архитектура ИНС (сверточный автокодировщик) для подавления случайных помех на имиджах УЭС

Выводы

Использование разработанного программно-методического обеспечения обработки и интерпретации данных БКС в процессе бурения позволяет более точно и оперативно получать информацию об ориентации границ пластов, вскрываемых скважинами, повышает эффективность изучения поисковых объектов и может использоваться при геонавигации наклонно-направленных скважин в реальном времени.

Алгоритм подавления случайных помех на имиджах УЭС на основе сверточной ИНС с архитектурой автокодировщика. В восстанавливаемых алгоритмом имиджах УЭС сохраняется важная информация о пространственной ориентации границ вскрытых скважиной пластов, при этом подавляются случайные помехи.

Библиография

1. Глинских В.Н., Даниловский К.Н., Нечаев О.В. Трехмерное численное моделирование сигналов азимутального микробового каротажа в процессе бурения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2018. – № 10. – С. 32–39.
2. Логинов Г.Н., Петров А.М. Автоматическое выделение геоэлектрических границ по данным бокового каротажного зондирования с помощью глубокой сверточной нейронной сети // Геология и геофизика. – 2019. – Т. 60, № 11. – С. 1650–1657
3. Телеметрические системы каротажа: программно-методическое обеспечение в процессе бурения наклонного-горизонтальных скважин / В.Н. Глинских, ..., К.Н. Даниловский [и др.] // Neftegaz.RU. – 2017. – Вып. 10. – С. 42–49.
4. Krizhevsky A., Sutskever I., Hilton G.E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2012
5. Danilovskiy K., Loginov G., Nechaev O. Automatic geoelectric boundaries detection on the resistivity images based on 3D numerical simulation and convolutional neural network // The 9th Saint Petersburg International Conference and Exhibition (Saint Petersburg, Russia, November 16–19, 2020): Extended abstracts. – St. Petersburg, 2020

Применение энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа для определения многоэлементного состава геологических объектов. Медведев А.А. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), e-mail: medvedevaa@mgri.ru), Посеренин А.И. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), e-mail: posereninai@mgri.ru)*

Аннотация

Рассмотрены достоинства энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного (ЭРФА) анализа для определения вещественного состава природных геологических объектов. Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ позволяет одновременно определять до 50 элементов в пробе. Предел обнаружения составляет $10^{-4} - 10^{-7} \%$.

Показан опыт применения рентгеновского спектрометра для проведения многоэлементного анализа порошковых геологические проб и жидких образцов.

Ключевые слова

Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ, полупроводниковый детектор, рентгеновский спектр, предел обнаружения

Теория

Методы рентгеноспектрального анализа основаны на изучении характеристических рентгеновских спектров, возникающих в результате облучения исследуемого вещества так называемым первичным излучением. Длина волны характеристической линии (или энергия) однозначно характеризует элемент ее испускающий, а интенсивность этой линии пропорциональна концентрации этого элемента.

Выделение нужной линии характеристической линии осуществляется либо дифракционным методом (используется кристалл-анализаторы), либо за счет регистрации счетчиками γ -квантов характеристического рентгеновского излучения (ХРИ) с последующим разделением импульсов по энергиям (энергодисперсионный метод; используются амплитудные анализаторы). В энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализе (ЭРФА) используется дисперсия энергии характеристических γ -квантов [2].

Среди энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных приборов можно привести аппаратуру таких фирм как Philips (Голландия) Siemens (Германия) или JEOL (Япония). Эти приборы снабжены Si(Li) полупроводниковыми детекторами, процесс анализа полностью автоматизирован, определяются элементы от Na до U, диапазон измеряемых концентраций от 0,01 до 100%.

Среди российских энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных приборов выделяется рентгеновский спектрометр «РеСПЕКТ», выпускаемый предприятием «Толоконников» (Рисунок 1).

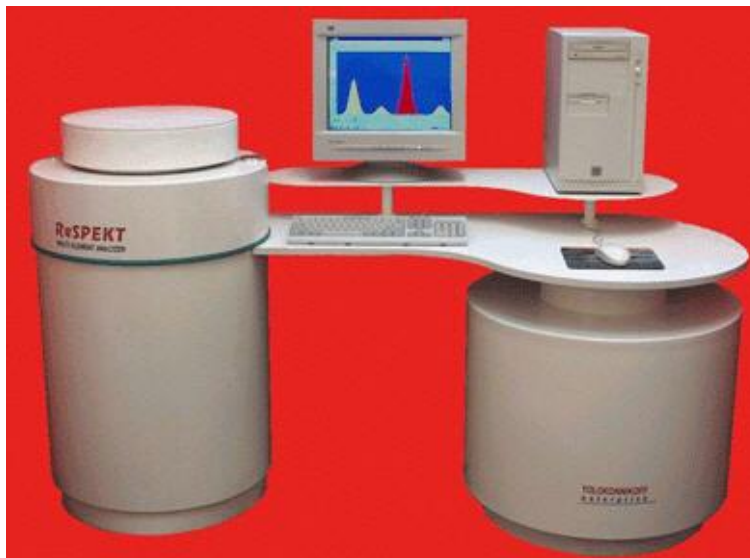


Рисунок 1. Общий вид современного автоматизированного комплекса «РеСПЕКТ» для энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа

В приборе установлены полупроводниковый Si-Pin детектор с разрешением 150 эВ и рентгеновская трубка прострельного типа с серебряным анодом. Предельная мощность излучения трубки – 120 Вт. Система водяного охлаждения рентгеновской трубки замкнутая. За одно измерение возможно одновременное определение 20-50 элементов (от алюминия (Al) до урана (U)) [5].

При анализе порошковых проб (геологические пробы, почвы) образец массой ~ 1г насыпают в кювету с основой из тонкой полипропиленовой пленки, кювету помещают в карусель, рассчитанную на 16 образцов (Рисунок 2). Предел обнаружения элементов в порошковых пробах составляет $n \cdot 10^{-4}$ %. Диапазон определяемых концентраций от 10^{-4} % до 100%. В качестве иллюстрации на рисунке 3 приведен рентгеновский спектр порошковой пробы блеклой руды.

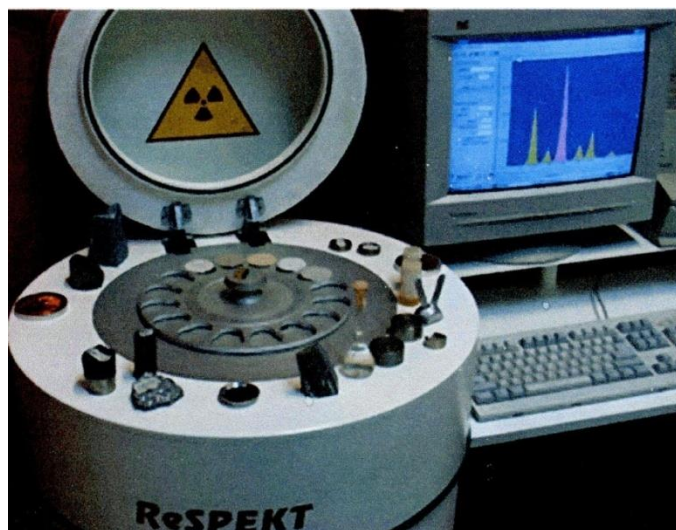


Рисунок 2. Камера для образцов автоматизированного комплекса «РеСПЕКТ» для энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа

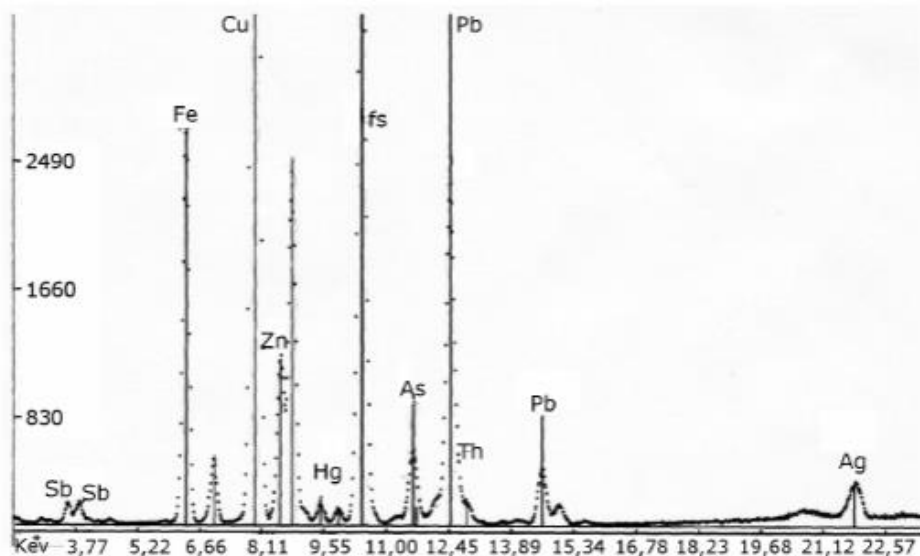


Рисунок 3. Спектр блеклой руды $Cu_{12}(As,Sb)_4S_{13}$ (Fe, Zn, Pb, Th, Ag, Hg – примеси)

При анализе жидкостей пробу объёмом 20-100 мкл наносят микродозатором на тонкую полипропиленовую плёнку и высушивают. Анализируют сухой осадок, образующийся после высыхания капли исходного раствора. Для количественного расчета концентраций определяемых элементов применяют метод внутреннего стандарта. В качестве стандарта используют рубидий, добавляемый в известной концентрации в исходные растворы. Естественное концентрирование образца при высыхании; измерение в тонких слоях существенно уменьшающее фон рассеянного излучения; оптимальная сближенная геометрия измерений приводят к значительному улучшению чувствительности анализа. Предел обнаружения элементов в жидкостях составляет $\approx n \cdot 10^{-7} \%$. [1,3].

На рисунке 4 приведен в рентгеновский спектр пробы, приготовленной из стандартного образца состава растворов ионов металлов (ГСОРМ) (концентрации Cr, Fe, Ni, Cu, Rb, Sr - $10^{-4} \%$, $t_{изм} = 300с$) [4].

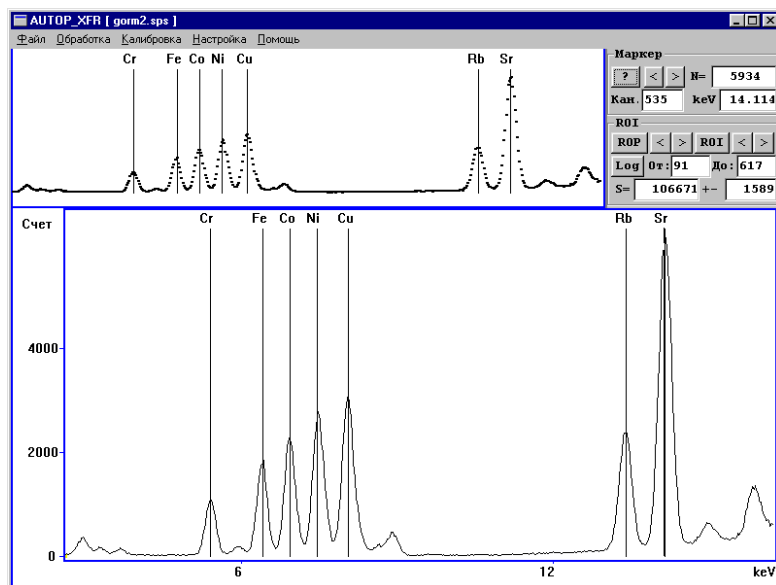


Рисунок 4. Рентгеновский спектр пробы, приготовленной из стандартного образца состава металлов ГСОПМ

Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ нашел широкое применение для решения задач различных минералогических и геммологических задач.

Например, в рубинах, облагороженных путем заполнения трещин высокопреломляющим стеклом, следы трещин часто не видны. В тоже время рентгеновский спектр такого рубина дает четкие линии L_{α} и L_{β} - линии свинца (Pb), что говорит о том, что в качестве заполнителя использовалось свинцовое стекло.

Метод ЭРФА с применением спектрометра может успешно применяться для отличия драгоценных природных камней от их синтетических аналогов. В синтетических изумрудах, александритах, сапфирах, выращенных методом из раствора в расплаве, отмечается наличие таких элементов как Mo, Pb, Bi и их отсутствие в природных камнях. Наличие в рентгеновских характеристических спектрах драгоценных камней таких элементов как платина или германий также говорит об их синтетическом происхождении.

Сравнение соотношений содержания определенных элементов в образцах позволяет отличить морской жемчуг от пресноводного. Различный солевой состав и их концентрация приводят к тому, что в пресноводном жемчуге в качестве элементов-примесей присутствуют стронций и марганец. В жемчужинах, выросших в морских условиях, марганца очень мало и в основном присутствует только стронций [1].

Кроме того возможно определение вещественного состава природных и сточных вод, в которых могут присутствовать тяжелые элементы (Pb, Cu, Ni, Hg, Bi), что весьма актуально при сложившейся экологической обстановке.

Выводы

Приведенные результаты свидетельствуют о перспективности применения рентгенофлуоресцентного анализа для многоэлементного анализа геологических объектов благодаря следующим преимуществам:

- неразрушающий метод многоэлементного анализа;
- возможность исследования мелких образцов (до 0,1 мм);
- высокий предел обнаружения (до 10^{-7} %) на отдельные элементы.

Библиография

1. Гурвич М.Ю., Медведев А.А., Посеренин А.И. Применением спектрометра «Респект» для анализа вещественного состава минералов, горных пород и руд // Новые идеи в науках о Земле: материалы XII международной научно-практической конференции – М.: МГРИ-РГГРУ, - 2015. - Т. 1. - С. 485.
2. Медведев А.А., Посеренин А.И. Аналитические методы определения состава горных пород. / Учебное пособие. М.: РГГРУ. - 2011. 57 с.
3. Медведев А.А. Посеренин А.И. Применение энергодисперсионных рентгеновских спектрометров для элементного анализа геологических образцов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. №11. С. 115-124.
4. Медведев А.А. Посеренин А.И. Рентгенофлюоресцентный анализ природных и сточных вод с применением полупроводниковых спектрометров // Глобальный научный потенциал. 2016. №9. С. 35-38.
5. Медведев А.А., Посеренин А.И. Лабораторный практикум по ядерной геофизике / Учебное пособие. М.: РГГРУ. 2013. 54 с.

Использование гравиметра ГНУ-КВ для мониторинга и анализа напряженно-деформированного состояния участков земной коры в сейсмоактивных регионах. Мухаметзянов А.Р. (МГРИ, amir@mgri.ru), соавтор Белов А.П. (МГРИ, econg3@yandex.ru)*

Аннотация

Твердая поверхность Земли, включая дно морей и океанов, постоянно характеризуются собственными колебаниями частот в широком диапазоне, источниками которых являются природные и техногенные причины. Периоды, амплитуды, место и время этих колебаний, которые часто именуют микросейсмическим фоном, меняются в широких пределах. В районах городских и промышленных застроек доминирующее влияние на характеристики колебаний земной поверхности (грунтов) оказывают техногенные источники: наземное и подземное движение транспорта, вибрация трубопроводов, тоннелей метро и коллекторов, ветровые колебания зданий, а также природные объекты в стадии промышленной разработки или эксплуатации (месторождения УВ, ПХГ) и другие источники. Высокочастотный спектр таких колебаний успешно изучается существующими виброметрами и сейсмографами. Основное отличие между ними заключается в чувствительности к инерционным колебаниям и в диапазоне изучаемых частот. Так, виброметр СМ-21 срабатывает от ускорения $10\text{см}/\text{с}^2$ в пределах частот от 2Гц до 1000Гц, а сейсмографы, например, СМ-3кв, имеют диапазон в пределах 0.5-40Гц при чувствительности к инерциальным ускорениям от 0.1 мГал ($10^{-4}\text{ см}/\text{с}^2$). Виброметры используются для измерения вибраций промышленных установок и определения скоростей перемещения оснований, акселерометры используются для определения больших инерциальных ускорений в $\text{м}/\text{с}^2$, а сейсмометры для регистрации сейсмических колебаний земной поверхности в пределах частот практически от 2 герц и выше и ускорений от 0,1 мГал.

Ключевые слова

Гравиметр ГНУ-КВ, низкочастотные колебания, спектральный анализ низкочастотных вариаций гравитационного поля, гравитационное поле

Теория

Чувствительный элемент гравиметра ГНУ-КВ представляет собой горизонтальный астазирванный маятник в виде сейсмографа Б.Б. Голицына. Появляется возможность использования чувствительного элемента для качественного и количественного изучения низкочастотных колебаний грунтов в диапазоне частот 0,05 – 0,5Гц [3,5,7]. Метод измерения приращений силы тяжести – компенсационный, – с помощью измерительного микрометричного устройства и компенсационной пружины. Гравиметр ГНУ-КВ в данном случае рассматривается как бинарный прибор для одновременного измерения как вариаций силы тяжести (гравитационного поля), так и для регистрации и дальнейшей обработки инерциальных низкочастотных колебаний

грунтов в диапазоне 0,05 – 0,5гц, оценки ускорений таких колебаний и определения амплитуд смещения грунтов при таких колебаниях.[1] Для этого оптический окуляр гравиметра нужно заменить на электронный видео-окуляр, а маятник гравиметра должен быть выведен в режим свободных колебаний, которые записываются и оцифровываются в режиме реального времени с частотой 0,2с на мобильном компьютере (Рисунок 1). Собственная частота чувствительного элемента гравиметра ГНУ-КВ равна 0,1 – 0,2гц, почти такая же, как и у стационарных сейсмографов [7]. Чувствительность гравиметра к инерциальным и гравитационным ускорениям порядка 3-5 мкГал., что достаточно для записи инфранизких частот колебаний грунтов в диапазоне 0,05 – 0,5гц и оценки амплитуд смещения грунтов таких колебаний в мкм.

Благодаря компенсационной системе, гравиметр, в отличие от сейсмографа, является не только индикатором изменения гравитации и инерции, но и служит для измерения этих ускорений. Измерительное компенсационное устройство характеризуется постоянной ценой деления оборота микрометричного винта, которое определяется путем эталонирования гравиметра на полигоне или в лаборатории на специальном стенде и может быть использовано для создания кажущихся ускорений для чувствительного элемента. Таким образом, можно моделировать колебательные движения маятника и определять его переходную характеристику при «внесении» в природный колебательный процесс различные амплитуды и колебания в виде отдельных импульсов, ступенчатых сигналов или даже низкочастотных колебаний заданной частоты и амплитуды. Это необходимо для экспериментального определения переходной характеристики между входным и выходным сигналами так как реальное движение маятника гравиметра отличается от реальных колебаний грунтов вследствие инерционности чувствительной системы и наложения колебаний различных частот. Так, виброскорость опережает фазы вибрации на 90^0 , а виброускорения опережают фазы смещения на 180^0 . Поэтому оценки параметров колебаний имеют среднегеометрический смысл.

Аппроксимируя колебания грунтов синусоидой с периодом w и амплитудой A как $Z=Asinwt$, ускорения колебаний для различных частот и амплитуд будут выражаться формулой: $d^2z/dt^2 = w^2 Asinwt$ [2].

Данный прибор позволяет регистрировать только вертикальные составляющие колебаний. Определить величину инерциальных ускорений исследуемых частот можно оценить приближенно, путем масштабирования отчетов на компьютере в единицах ускорений. Для оценки амплитуды отклонения маятника гравиметра в единицах ускорения используются два способа:

1. Подача на чувствительную систему калибровочного ступенчатого импульса инерциального ускорения;
2. Регистрация колебаний на разных высотах пункта записи используя значение нормального вертикального градиента силы тяжести 3086 этвеш.

В первом случае на чувствительную систему подается заданный сигнал путем поворота микрометричного винта компенсационной пружины на 0,1 оборота (что

соответствует амплитуде равной 0.1 значения цены деления микрометренного устройства, примерно ± 0.6 мГал). Результаты калибровки отсчетов первым и вторым способами должны совпадать. Проводя подобные опытные калибровки, можно с достаточной степенью достоверности оценить инерциальные ускорения колебания грунтов в исследуемом диапазоне частот. Имея данные по ускорениям и частотам, несложно оценить и амплитуды колебаний грунтов в мкм, а также оценить длины волн [4, 6].

Основными принципиальными отличиями использования датчика гравиметра типа ГНУ-КВ по сравнению с используемыми в настоящее время сейсмографами и виброметрами являются:

1. Измерение колебаний грунтов в более низком частотном и амплитудном диапазоне, в границах 0,05 – 0,5гц. Как показывает практика, существующие методы ограничиваются частотами от 2 герц;
 2. Чувствительность гравиметра к низкочастотным колебаниям очень высокая, и измеряется микрогаллами (1 – 0,1) нм/с²;
 3. Возможность моделирования колебаний инфранизкой частоты и разной амплитуды, и оценки переходной характеристики датчика; -высокая точность нивелирования прибора, позволяющая более точно регистрировать;
- Возможность оценки амплитуды колебания грунтов в мкм;

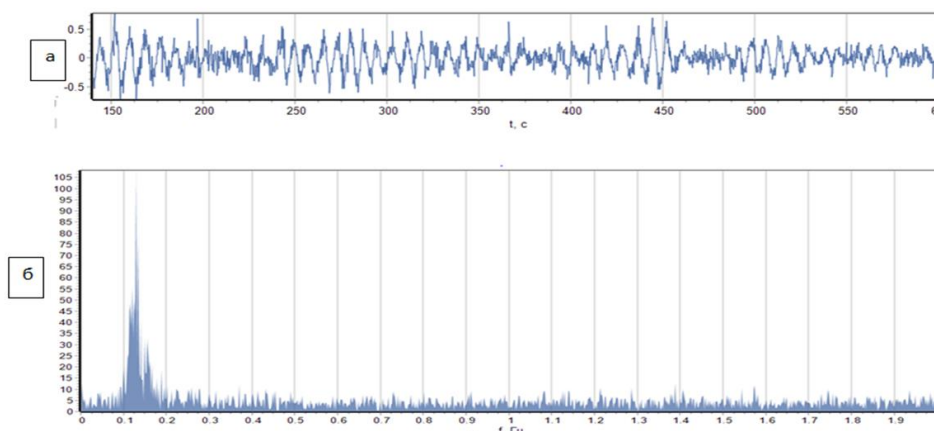


Рисунок 1. Образец записи и спектр колебаний гравиметром ГНУ-КВ.

Выводы

Результаты таких исследований могут быть использованы для:

1. Непрерывного мониторинга и анализа напряженно-деформированного состояния участков земной коры в сейсмоактивных регионах с целью выявления предвестников землетрясений.
2. Доразведки уже разрабатываемых месторождений при определении места заложения новых эксплуатационных скважин (обнаружение тектонических нарушений, вертикальных плотностных контактов, зон поглощения и т.д.);

3. Локализации наиболее продуктивных участков месторождения при обосновании размещения нагнетательных скважин;

4. Мониторинга разработки нефтегазоконденсатных месторождений (оценка изменения контура НГВК и остаточного объема УВ).

Библиография

1. A passive low-frequency seismic survey in Abu-Dhabi – Shaheen project. Bircela B, M.Duclos, V.Artman, ... SEG, Denver 2010, Annual Meeting
2. Бережной Д.В., Бирляцев Е.В., Бирляцева Т.Е., Кипоть В.Л., Рыжов В.А., Тумаков Д.Н., Хромченков М.Г. «Анализ спектральных характеристик микросейсм как метод изучения структуры геологической среды».
3. Буллен К.Е. Плотность Земли. М., Мир, 1978, с. 308-340
4. Лобанов А.М. Перспективы гравиметрии при изучении динамически нестабильных природных объектов. В кн. «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей». Материалы Международного научного семинара, Пермь, 2015, с. 127-128.
5. Лобанов А.М., Каххоров У.Х. Опыт регистрации инфранизкочастотных гравиинерциальных колебаний. Материалы «Полар-2012», ИЗМИРАН 2012.
6. Лобанов А.М., Романов В.В. Перспективы гравиметрии при изучении динамически нестабильных природных объектов. // Разведка и охрана недр, 2015, № 7.
7. Торге В. Гравиметрия. М., Мир, 1999, с. 75-76

Математическое моделирование деформации осадочного чехла над активным блоком фундамента в приложении к проблемам тектонофизики и геодинамики. Мягков Д.С. * (ИФЗ РАН, dsm@ifz.ru),

Аннотация

В данной работе рассматриваются математические модели формирования напряжённо-деформированного состояния осадочного чехла над разломами фундамента разных типов (взбросы, сбросы, взрезы), а также над активными блоками фундамента. Моделирование проводится с целью изучить структуру распределения деформаций над разломами, и сравнить полученные результаты с данными физического моделирования. Основное внимание уделяется особенностям напряжённого состояния над разломами в зависимости от их типов, взаимного расположения и величины смещения по ним. Показан результат суперпозиции аномалий напряжений от системы разломов. Отдельно исследуется вопрос о формировании рельефа на поверхности модели (осадочного чехла) в зависимости от геометрии разломов фундамента.

Ключевые слова

Численное моделирование, геомеханика, разломы, осадочный чехол.

Источники финансирования

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 22-27-00591

Теория

В работе представлены численные геодинамические модели формирования напряжённо-деформированного состояния над активными разломами фундамента. Рассматриваются разломы различных типов – взрезы, взбросы и сбросы (последние два типа – с различными углами падения). Обобщённая схема моделей представлена на рис. 1. В зависимости от изменения угла α блок фундамента будет ограничен сбросом и взбросом с углом падения α или 2 взрезами (при $\alpha = 0$). Целью исследования является изучение особенностей напряжённого состояния в осадочном чехле над отдельными разломами или испытывающими подвижку блоками фундамента, причём особое внимание уделяется как области непосредственно близ разлома, так и приповерхностной, так как многочисленные работы по физическому моделированию, а также аналитические модели, показали, что в приповерхностной области на определённых этапах деформации осадочного чехла формируются выраженные аномалии напряжённого состояния, по строению и геометрии отличные от таковых в ближней зоне разлома.

В численной модели для расчёта применялась явная конечно-разностная схема, разработанная Уилкинсом для исследования упруго-пластических тел и усовершенствованная Стефановым [2] для применения в геомеханике. Моделирование проводилось в двумерной постановке. Тела модели рассматриваются как упругопластические. В отличие от классического подхода Уилкинса [3] в данном подходе берётся более сложная и подходящая для геосреды модифицированная модель Друккера-Прагера-Николаевского [4]. В её рамках среда рассматривается как упрочняющееся упругопластическое тело, используется неассоциированный закон пластического течения. За счёт использования упруго-пластических тел, избыточные,

превышающие прочность реальной среды напряжения разгружаются в зонах формирования крупных разломов (в модели – зоны локализации пластической деформации), отсутствие учёта данного процесса является главным недостатком аналитических моделей. Более подробно методика моделирования и процесс создания цифровой геомеханической модели в работе [5].

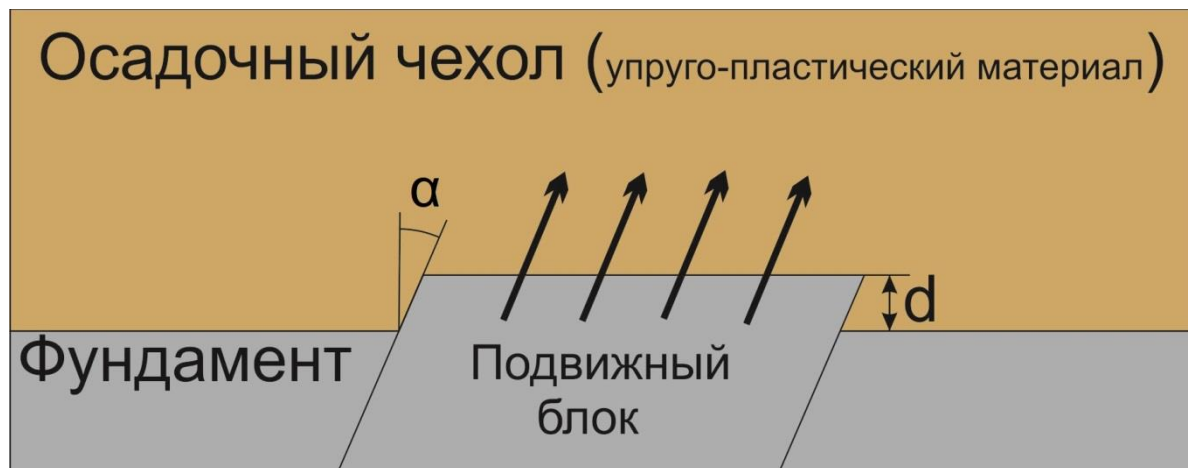


Рисунок 1. Обобщённая схема моделей серии численных экспериментов, представленной в работе. Коричневым цветом выделена непосредственно участвующая в расчётах область. Влияние фундамента (серым цветом) задаётся через граничные условия. Расшифровка параметров дана в тексте.

Рассмотрим влияние знака и амплитуды подвижки на напряжённо-деформированное состояние. На рис. 2 представлены результаты для модели с амплитудой 50м, в общем же в исследовании рассматриваются модели с амплитудой от 10 м до 100 м и углами падения разломов от 0 до 60 градусов. В целом, напряжённо-деформированное состояние над взрезом зеркально отражается по горизонтали при переходе от модели типа с поднятым и модели с опущенным блоком. Менее всего при росте амплитуды подвижки меняется структура напряжённого состояния, единственное отличие – при более высоких амплитудах зона превышения горизонтального сжатия над вертикальным над опущенным блоком простирается чуть дальше. Распределение сдвиговых деформаций также схоже по форме, однако с ростом амплитуды секторальная аномалия переходит от слабонаклонной к вертикальной. При это сам сектор становится несколько шире - от 40° при амплитуде 10 м до 50° при 100м. Само значение второго инварианта также на порядок больше – от 0.2 близ разлома до 0.02 близ поверхности. Примерно та же ситуация и для аномалии давления – она становится пропорционально больше по амплитуде, сохраняя в целом геометрию максимумов и минимумов. Для максимального касательного напряжения с ростом амплитуды несколько изменяется геометрия максимумов и минимумов: максимум над взрезом становится менее выраженным, тогда как минимум над опущенным блоком – более (амплитуда достигаем 30 Бар). При этом над поднятым блоком в центре модели формируется слабый общий минимум. Кулоновы напряжения достигают максимума также в вертикальном секторе над разломом, который становится шире. Так же видно, что уже при амплитуде 100м минимумы между краевыми разломами сливаются в единый.

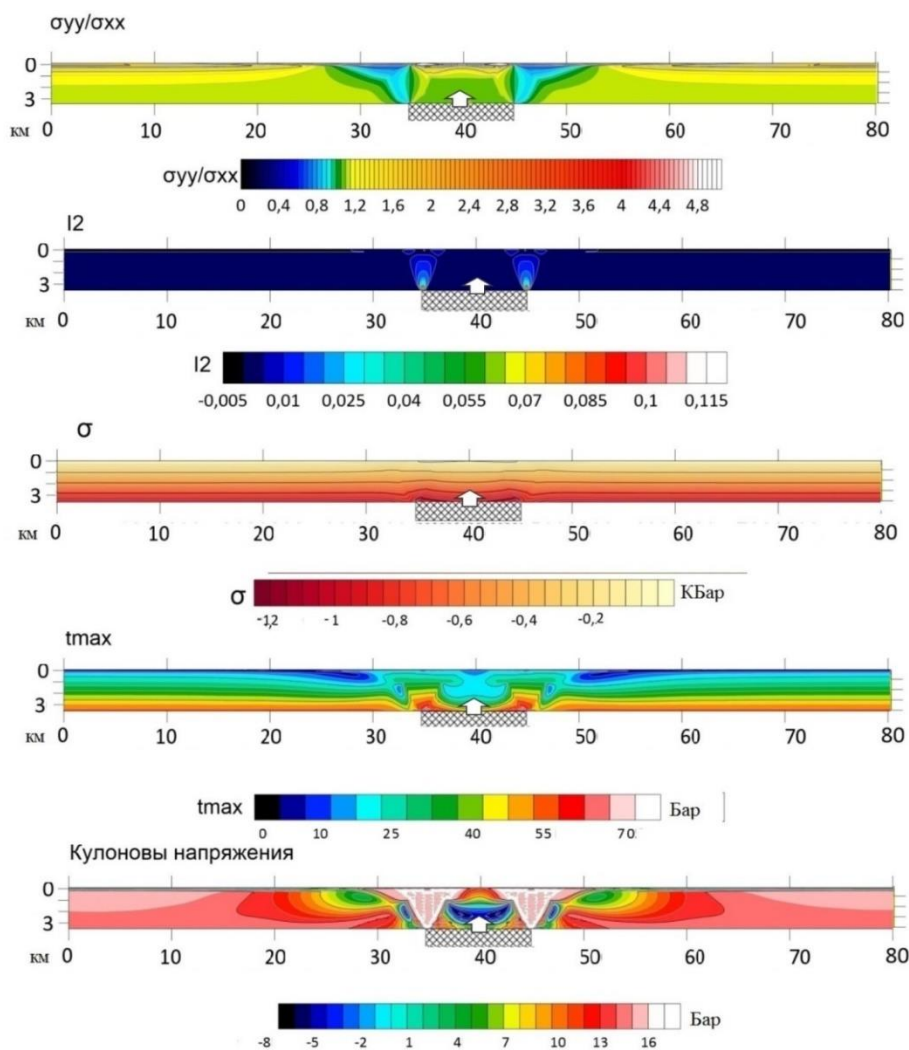


Рисунок 2. Результаты моделирования (мощность осадочного чехла 4 км, амплитуда подвижки блока 50 м вертикально вверх, ширина блока 10 км). Сверху вниз представлены: отношение вертикального нормального напряжения к горизонтальному, второй инвариант тензора деформации, шаровая часть тензора напряжения, максимальные касательные напряжения и кулоновы напряжения..

Видно, что при выбранном размере блока области максимальной деформации над краевыми разломами ещё не сливаются в одну, блок сохраняет единство, особенно его нижняя часть. В случае дальнейшего уменьшения размера блока взаимное влияние разломов будет расти вплоть до момента, когда верхние части сектора максимальных значений кулоновых напряжений не сольются и в верхней части осадочного чехла начнёт формироваться единая зона локализации пластических деформаций). Соответствующий размер блока легко рассчитать, зная ширину вышеупомянутых аномалий, она будет зависеть от амплитуды подвижек по разломам и для амплитуды 50 м в модели «горст» он будет около 7 км. При этом в нижней части модели будет по-прежнему формироваться сравнительно недеформированная область, высота и ширина которой будут быстро уменьшаться при дальнейшем сокращении расстояния между разломами.

Выводы

Построенные серии моделей напряжённо-деформированного состояния осадочного чехла над разломами фундамента позволили уточнить геометрию зон максимального уровня деформаций и напряжения разных типов (касательных, нормальный, среднего) при использовании упруго-пластических моделей соответствующим современным понятиям геомеханики горных пород осадочных бассейнов. Результаты моделирования показали, что физические и аналитические модели не полностью корректно отображают геометрию деформации пород над активным разломом и позволили более детально сопоставить геометрию как внутрикорового напряжённо-деформированного состояния, так и распределение приповерхностных деформаций и форм рельефа разлому конкретного типа. Получение решения могут быть использованы при решении обратных задач геодинамики и тектонофизическом анализе.

Библиография

1. Ребецкий Ю.Л., Михайлова А.В. Роль сил гравитации в формировании глубинной структуры сдвиговых зон. Геодинамика и тектонофизика. 2011; Т. 2(, №1. С. :45-67. <https://doi.org/10.5800/GT-2011-2-1-0033>
2. Стефанов Ю.П. Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластичных материалов // Физ. мезомех. 2005. Т. 8, № 3. С. 129–142.
3. Ребецкий Ю.Л., Погорелов В.В., Мягков Д.С., Ермаков В.А. О генезисе напряжений в коре островной дуги по результатам численного моделирования // Вестник КРАУНЦ. 2018. № 3. С. 54-73.
4. Николаевский В.Н. Механика геоматериалов и землетрясения // Итоги науки и техники ВИНТИ. сер. Мех.деф.тв.тела. М.: 1983. Т. 15. С. 817-821.
5. Wilkins M.L. Computer Simulation of Fracture // Lawrence Livermore Laboratory, Rept. UCRL-75246. 1972.

Комплексный анализ петрофизических, теплофизических и фильтрационно-емкостных свойств пород в геотермальной зоне Сульц-су-Форе (Франция).

Ненюкова А.И.* (МГРИ, nenyukovaai@mail.ru)

Аннотация

По результатам магнитотеллурических зондирований и построенных двумерных моделей петрофизических, теплофизических и фильтрационно-емкостных свойств пород выполнен комплексный анализ разрезов. По всем рассматриваемым параметрам построен кластерный разрез, который является информационной базой для выбора участков разведочных работ. В геотермальной области Сульц-су-Форе выделены два участка, перспективные для бурения скважин.

Ключевые слова

Геотермальная зона, разведочное бурение, кластерный анализ, температура, пористость, проницаемость, теплопроводность, удельная теплоемкость, карта перспективности.

Источники финансирования

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 20-17-00155).

Теория

Геотермальная область Сульц-су-Форе расположена в пределах Верхне-Рейнского грабена, являющегося частью европейской кайнозойской рифтовой системы (рис. 1).

По результатам магнитотеллурических зондирований, проведенных вдоль профиля АВ, и измерений в скважинах на наблюдаемом участке были построены двумерные модели удельного сопротивления, пористости, проницаемости, температуры, теплопроводности и теплоемкости [1-5].



Рисунок 1. Геотермальная область Сульц и геология Верхне-Рейнского грабена. На верхней вставке дан упрощенный разрез области Сульц.

Цель настоящей работы состояла в проведении комплексного кластерного анализа всех построенных ранее разрезов и выделения на этой основе участков земных недр, наиболее перспективных для последующего разведочного бурения.

В работе использовался новый подход к комплексному анализу геофизических данных, основанный на последовательном применении методов главных компонент, самоорганизующихся карт Кохонена и кластерного анализа методом К-средних и, наконец построении кластерного разреза в пространстве координат (рис. 2). Все перечисленные работы выполнялись с помощью пакета программ KAnalysis [6].

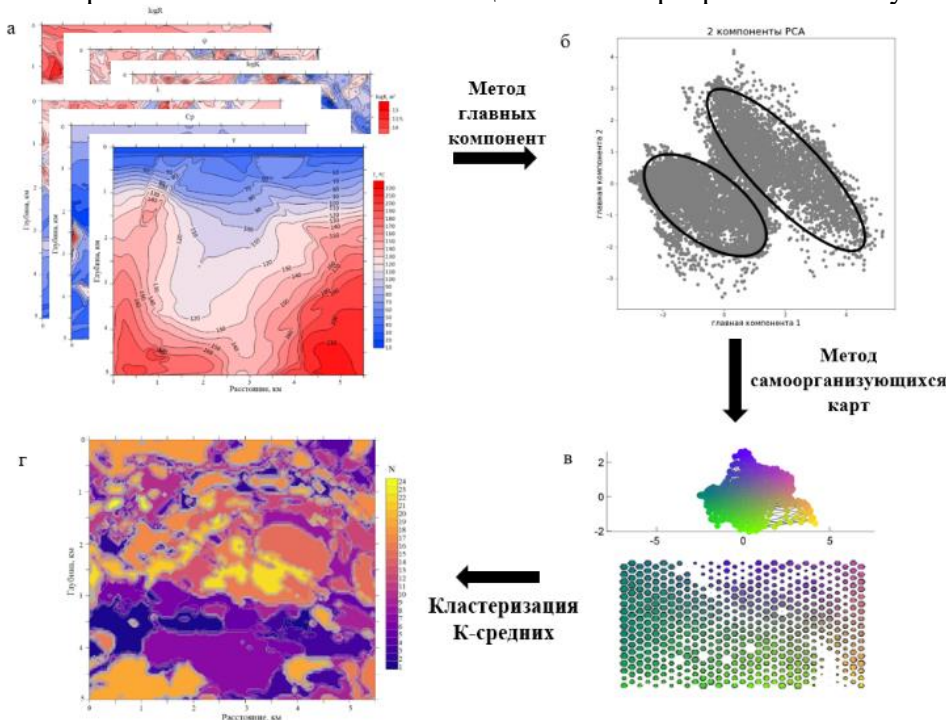


Рисунок 2. Общая схема комплексного анализа геофизических данных: а – исходные разрезы параметров, б – результат выделения главных компонент, в – результат кластеризации с использованием метода самоорганизующихся карт (положение каждого компонента в системе осей-векторов и цветное кодирование компонент), г – кластерный разрез в пространстве координат с использованием метода К-средних.

Метод главных компонент применяется к вычислению собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы исходных данных. С помощью самоорганизующихся карт Кохонена происходило преобразование многомерного пространства физических свойств в карту SOM, на которой показано положение каждого компонента в системе осей двух собственных векторов. Для создания кластерного разреза использовался метод К-средних, который относит каждое обучающее наблюдение к одному из К-кластеров таким образом, чтобы каждый кластер был представлен центроидом соответствующих наблюдений, а каждое наблюдение отстояло бы от центроида своего кластера меньше, чем от центроидов других кластеров.

Предварительно был проведен анализ влияния априорно задаваемого числа кластеров на результаты кластеризации. В качестве количественного критерия использовался индекс Дэвиса-Боулдина [7] DBI (1), показывающий насколько хорошо была выполнена кластеризация:

$$DBI = 1/k \sum_i D_i = 1/k \sum_i \max \left(\frac{s_i + s_j}{\|c_i - c_j\|} \right) \quad (1)$$

где s_i и s_j – показатели дисперсии в каждом кластере, c_i и c_j – соответствующие векторы центроидов кластеров, k – общее количество кластеров.

На рис. 3 представлены зависимости значения DBI от количества кластеров для различных конфигураций алгоритмов кластеризации с использованием метода главных компонент. На основе проведенных исследований было выбрано оптимальное количество кластеров: 24 кластера с использованием PCA с количеством собственных векторов, равным 2.

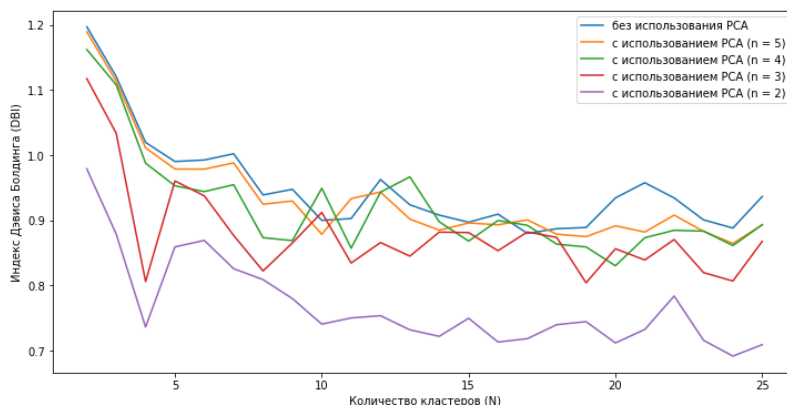


Рисунок 3. Графики зависимости значений DBI от количества кластеров (N) “с” и “без” использования метода главных компонент (PCA).

По результатам комплексного анализа согласно схеме, приведенной на рис. 2, был построен кластерный разрез в пространстве координат (рис. 4). Цвет кластеров указывает на принадлежность домена к определенному классу, характеризующемуся своим набором всех перечисленных выше свойств.

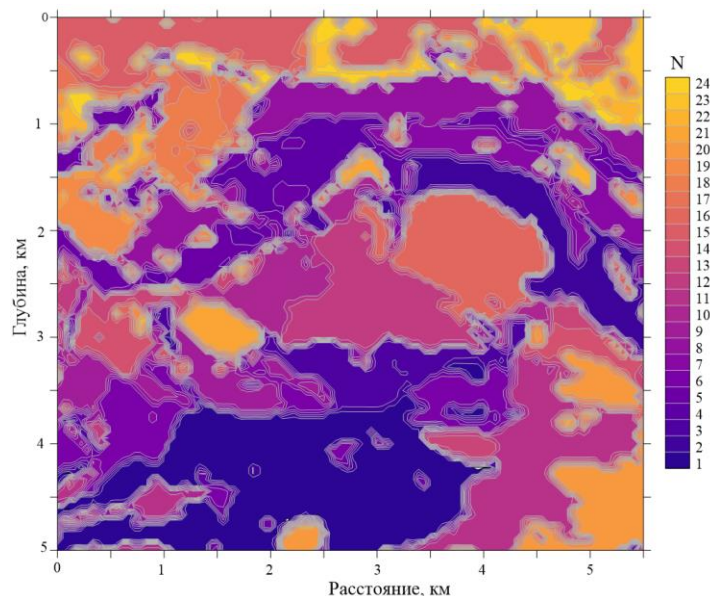


Рисунок 4. Кластерный разрез в пространстве координат. Палетка указывает цветовую палитру классов – каждый класс имеет определенный цвет.

На основе последующего анализа построенного кластерного разреза был выбран кластер, благоприятный для разработки геотермального резервуара, находящийся на сравнительно небольших глубинах (2–3 км) и характеризующийся высокими температурами и проницаемостью.

Выводы

По данным разрезов петрофизических, теплофизических и фильтрационно-емкостных свойств пород геотермальной зоны Сульц-су-Форе проведен комплексный кластерный анализ, в ходе которого была применена процедура оптимизации числа кластеров в ходе самого процесса. На основе выполненных исследований предложены индикаторы поиска участков земных недр, перспективных для разведки геотермальных ресурсов. В частности, с их помощью выделен участок в геотермальной зоне Сульц на глубинах 2–3 км, характеризующийся благоприятными параметрами для бурения геотермальных скважин. Разработанный подход к построению “карт перспективности” участков может быть востребован для эффективного поиска и определения запасов не только геотермальной энергии, но и углеводородов.

Библиография

1. Спичак В.В., Гойдина А.Г., Захарова О.К. Построение разрезов теплофизических свойств пород по данным электромагнитных зондирований и лабораторных измерений // Геология и геофизика (в печати).
2. Спичак В.В., Захарова О.К. Электромагнитный геотермометр / М., Научный мир. 2013.
3. Спичак В.В., Захарова О.К. Электромагнитный прогноз проницаемости вне скважин // Геофизические исследования. 2022. Т. 23. №2. С.18-38.
4. Спичак В.В., Захарова О.К. Построение разрезов пористости и водонасыщенности по данным электромагнитных зондирований и измерений в скважинах // Геофизические исследования (в печати).
5. Spichak V, Zakharova O. Permeability estimating beyond boreholes from electrical conductivity data determined from magnetotelluric sounding: Soultz-sous-Forêts site (France) case study. Geothermics, 2022. Vol. 105.
6. Langer H., Falsaperla S., Hammer C. Advantages and Pitfalls of Pattern Recognition. Selected Cases in Geophysics. Elsevier Inc., Amsterdam, 2020.
7. Davies D.L., Bouldin D.W. A Cluster Separation Measure”. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. PAMI-1 (2). 1979. P. 224–227. doi:10.1109/TPAMI.1979.4766909. S2CID 13254783.

*Пренебрежение ориентированной трещиноватостью. Опарина Д. С. *
(МГРИ, doparina@mail.ru), Баюк И.О. (ИФЗ, ibayuk@yandex.ru)*

Аннотация

Очень часто при интерпретации сейсмических данных и данных ГИС пренебрегают ориентацией трещин, однако скорости волны могут быть разные при одной и той же трещинной пористости.

Ключевые слова

Ориентирование трещин, метод Берримана, метод Хадсона, скорости волн в трещиноватой среде.

Теория

В петроупругом моделировании горная порода рассматривается как материал, состоящий из компонентов (минеральные зерна, поры, трещины, органическое вещество) обладающих микроструктурой, которая должна отражать особенности внутреннего строения горной породы [2].

В данной работе будут рассмотрены случаи хаотичного расположения трещин и горизонтально ориентированных трещин, а также их влияние на скорость упруги волн. Данное сравнение будет проведено на примерах моделирования методом Берримана и методом Хадсона.

Метод Берримана позволяет оценить упругие модули и скорости продольных и поперечных волн с учетом того, что в неоднородном материале есть эллипсоидные (сферические) включения (рисунок 1), заполненные флюидом.[1, 3]

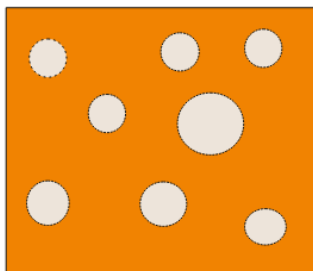


Рисунок 1. Сферические включения

Метод Хадсона – один из популярных методов *Rock Physics*, который применяется для определения эффективных упругих свойств породы с ориентированными трещинами. В данном случае предполагается, что все трещины параллельны друг другу, в таком случае среда имеет тип симметрии *VTI*. [4]

Системы ориентированных трещин порождают анизотропию физических свойств горной породы. Данная анизотропия относится к гексагональному типу и

характеризуется пятью независимыми модулями упругости. В рассматриваемом типе симметрии *VTI* ось симметрии вертикальная. В такой среде физические свойства не зависят от азимута, а зависят только от полярного угла, который отсчитывается от вертикальной оси *Z* земной системы координат в плоскости, перпендикулярной плоскости напластования. Тип симметрии *VTI* представлен на рисунке 2.

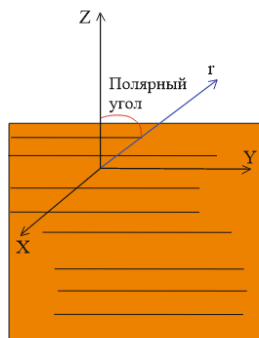


Рисунок 2. Тип симметрии *VTI* с горизонтально ориентированными трещинами.

Рассмотрена порода – коллектор углеводородов, состоящий из карбонатной минеральной матрицы и пустот, заполненных флюидом. Для метода Берримана аспектное отношение принято $\alpha=1$, так как включения являются сферическими. В методе Хадсона рассматривались «слабые» трещины при аспектном отношении $\alpha=0,1$.

При расчёте при $\alpha=1$ компоненты формулы Берримана рассчитывались по формулам 1-3[4]:

$$P_i = \frac{K_M + \frac{4}{3} \mu_M}{K_i + \frac{4}{3} \mu_M} \quad (1)$$

$$Q_i = \frac{\mu_M + E_M}{\mu_i + E_M} \quad (2)$$

$$E_M = \frac{\mu_M + (9K_M + 8 \mu_M)}{6 (K_M + 2 \mu_M)} \quad (3)$$

Рассчитанные граничные скорости упругих волн с помощью метода Берримана представлены на рисунках 3 и 4:

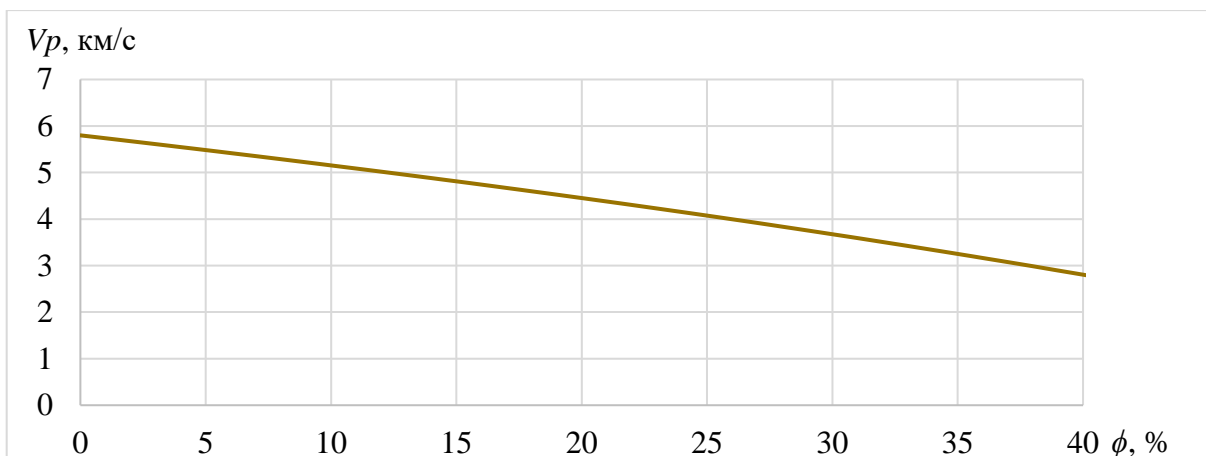


Рисунок 3. Зависимость скорости продольных волн от пористости для нефти.

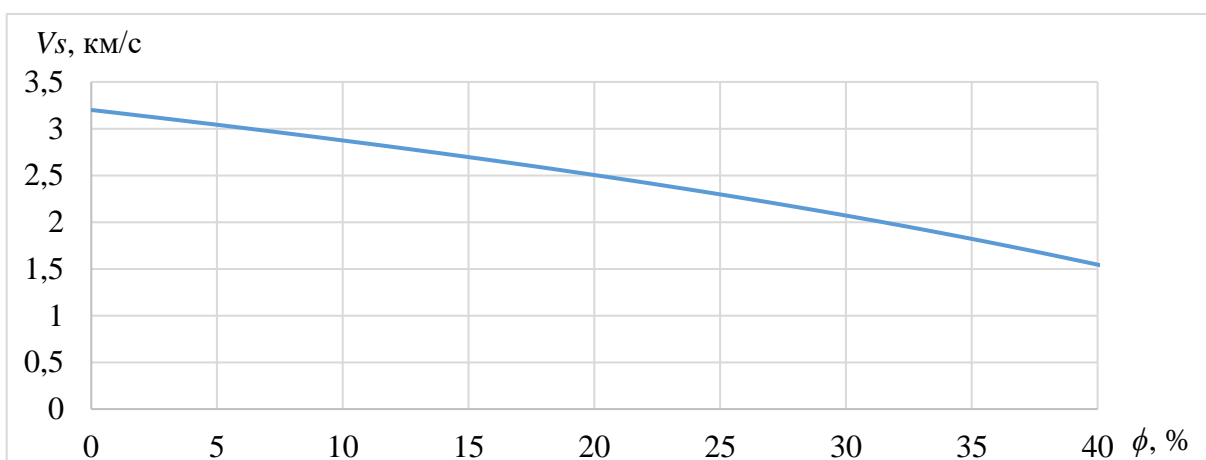


Рисунок 4. Зависимость скорости поперечных волн от пористости для нефти.

Если трещины «слабые», то есть в них есть воздух, то компоненты U_1 и U_3 вычисляются по формулам 4 -7[4]:

$$U_1 = \frac{16(\lambda + 2\mu)}{3(3\lambda + 4\mu)(1 + M)} \quad (4)$$

$$U_3 = \frac{4(\lambda + 2\mu)}{3(\lambda + \mu)(1 + k)} \quad (5)$$

$$M = \frac{4\mu'(\lambda + 2\mu)}{\pi\alpha\mu(3\lambda + 4\mu)} \quad (6)$$

$$M = \frac{\left(K' + \frac{4}{3}\mu'\right)(\lambda + 2\mu)}{\pi\alpha\mu(\lambda + \mu)} \quad (7)$$

Расчитанные скорости продольных и поперечных волн для «слабых» трещин представлены на рисунках 5 и 6:

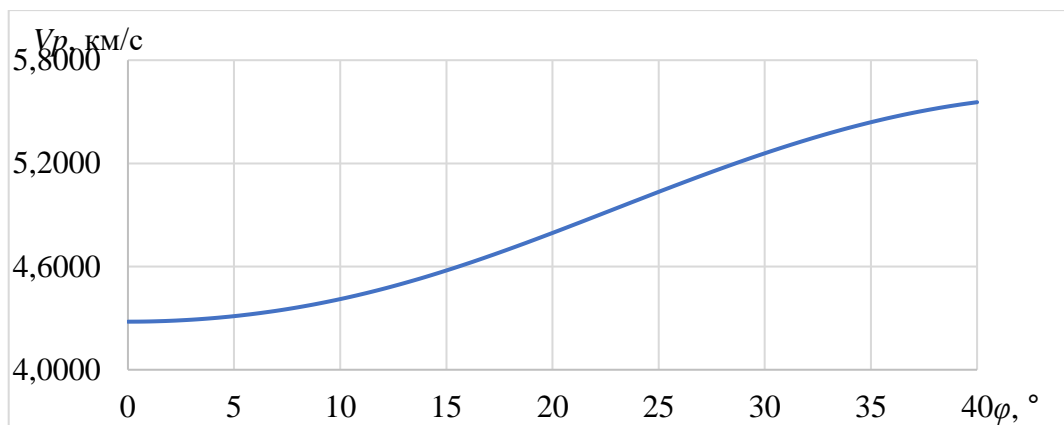


Рисунок 5. Скорость продольных волн для слабых трещин при $\alpha = 0,1$

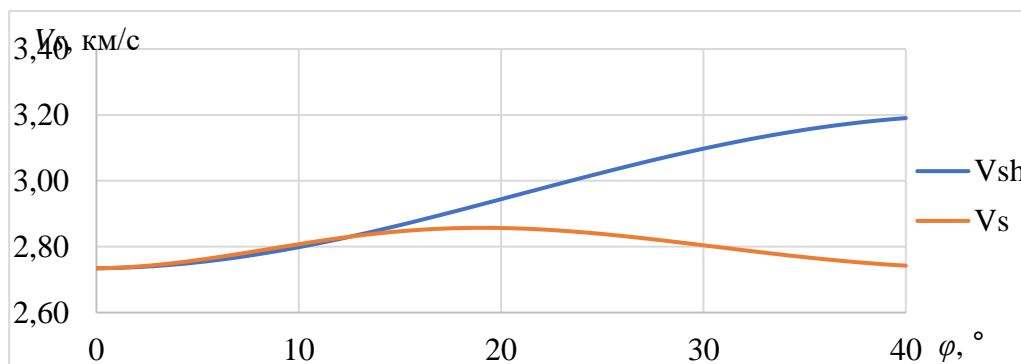


Рисунок 6. Скорость поперечных волн для слабых трещин при $\alpha = 0,1$

Выводы

В ходе работы было исследовано распространение упругих волн в анизотропной среде с разным ориентированием трещин. Основываясь на представленных графиках, можно заметить, что при использовании метода Берримана график зависимостей скоростей от пористости изотропной породы для фиксированной пористости и графики зависимости анизотропной породы при той же самой пористости отличаются. Также стоит заметить, что значения скоростей анизотропной породы зависит от полярного угла.

При оценке расхождения было выявлено, что скорости продольных волн, рассчитанные методом Хадсона, превосходят скорости, рассчитанные методом Берримана на 5%, в то время как поперечные на 7%. Это говорит о том, что учет трещиноватости необходим при проведении исследований ГИС и сейсмоки, так как показатели скорости меняются.

Библиография

1. Джеймс Г. Берриман, 1980, «Длинноволновое распространение в составных упругих средах. Эллипсоидальные включения», Уиппани, Нью-Джерси.
2. И.А. Березина «Петроупругое моделирование карбонатных пород: обзор некоторых методов теории эффективных сред и аспектов их применимости»

3. И.О.Баюк, М.Ф.Гасеми, Статья «Создание и анализ петроупругих моделей карбонатных коллекторов с учетом особенностей строения пустотного пространства», Мавко Г., Макерджи Т., Дворкин Д. «Физика горных пород»

Возможности применения импульсного нейтронного зондирования в геолого-геофизических исследованиях. Пак Д.Ю. (НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», pak_kargtu@mail.ru), Тебаева А.Ю. (НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», anara.tebaeva@gmail.com), Пак Ю.Н. (НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», pak_gos@mail.ru)*

Аннотация

Отмечаются особенности модификаций импульсного нейтронного зондирования для решения геолого-геофизических задач. Обсуждаются направления эффективного использования импульсной модификации по спектрометрии нейтронного гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов. Предложены усовершенствованные модификации нейтронного зондирования на основе комплексного применения инструментальных сигналов.

Ключевые слова

Импульсное нейтронное зондирование, нейтронные диффузионные параметры, спектрометрия нейтронного-гамма излучения.

Теория

Нейтронное зондирование дает многогранную информацию об элементном составе и свойствах горных пород. Более того, нейтроны и вызванные ими гамма-кванты обладают относительно большой проникающей способностью, благодаря чему обеспечивается достаточная глубинность исследований. Однако в связи с непрерывным характером излучения источником нейтронов и измерения вторичного излучения нет возможности получать информацию о распределении вторичного излучения во времени, что затрудняет возможность раздельного изучения отдельных процессов взаимодействия нейтронов. От этих недостатков свободны импульсные нейтронные методы, основанные на исследовании нестационарных нейтронных и гамма-полей, создаваемых импульсными источниками нейтронов.

Пространственно-временное распределение плотности потока тепловых нейтронов в однородной безграничной среде согласно теории нестационарной диффузии нейтронов имеет вид [2]:

$$N(R, t) = \{Q/[4\pi(L_3^2 + Dt)]^{3/2}\} e^{-R^{2/4}(L_3^2 + Dt)} e^{-t/\tau}, \quad (1)$$

где Q – число нейтронов, испущенных источником;

L_3 – длина замедления нейтронов в среде;

D – коэффициент диффузии тепловых нейтронов;

τ – среднее время жизни тепловых нейтронов.

При выполнении условий: $t \gg t_3$ (t_3 – время замедления нейтронов) и

$Dt \gg L_3^2$, формула (1) упрощается:

$$N(R, t) = [Q/(4\pi Dt)^{3/2}] e^{-R^{2/4}Dt} e^{-t/\tau}. \quad (2)$$

В этом выражении каждый из трех множителей, включающих время задержки t , имеет определенный физический смысл.

Множитель $(4\pi Dt)$ характеризует уменьшение плотности нейтронов в рассматриваемой точке на расстоянии R от источника за счет дальнейшей диффузии нейтронов. Второй сомножитель $(\exp-R^2/4Dt)$ характеризует приток нейтронов в данной точке за счет диффузии из области с большей плотностью нейтронов, находящейся ближе к источнику.

Третий сомножитель экспонента $e^{-t/\tau}$ характеризует убыль тепловых нейтронов за счет их поглощения ядрами элементов породы. Отсюда анализ формулы (2) и ее отдельных составляющих позволяет отметить принципиальную отличительную особенность импульсного нейтронного метода, заключающуюся в том, что можно отдельно оценить влияние нейтронных параметров и, в частности, влияние диффузионных параметров τ и D .

Особую ценность представляют избирательные сведения о времени жизни тепловых нейтронов и повышенная чувствительность, что выгодно отличает импульсный нейтронный метод от стационарного нейтронного метода. Если исследуются две горные породы с различными поглощающими свойствами (τ), то отношение плотностей нейтронов в них, измеренных спустя большое время после нейтронного импульса, будет

$$\frac{N_1(t)}{N_2(t)} = e^{-t\left(\frac{1}{\tau_1} - \frac{1}{\tau_2}\right)}. \quad (3)$$

На рисунке приведена зависимость времени жизни нейтронов в минеральном скелете пород $\tau_{\text{ск}}$ от отношения Al/Si. Величина $\tau_{\text{ск}}$ изменяется в зависимости от алюмо-кремниевого модуля. Точки, соответствующие глинам, располагаются в правой части графика, а алевролитам и песчаным породам – в левой. Четко прослеживается влияние литологии (песчаник, известняк, доломит) на время жизни тепловых нейтронов. Величина τ закономерно уменьшается для всех литологических разностей с повышением коэффициента пористости и минерализации пластовой воды [1].

ИНГМ-рз призван решать те же задачи, что и ИННМ. Это обусловлено тем, что захватное гамма-излучение, регистрируемое в ИНГМ-рз, возникает в результате радиационного захвата тепловых нейтронов. Поэтому закономерности, свойственные тепловым нейтронам, будут повторяться и для гамма-излучения, сопровождающего радиационный захват.

Пространственно-временное распределение плотности ГИРЗ от точечного источника быстрых нейтронов можно оценить из выражения [5]:

$$N(r, t) = \frac{Q}{[4\pi(\theta + L_\gamma^2 + Dt)]^{3/2}} \cdot \frac{V\tau_\gamma}{\tau} \cdot \exp\left[-\frac{t}{\tau} - \frac{r^2}{4(\theta + L_\gamma^2 + Dt)}\right], \quad (4)$$

где Q – мощность нейтронного источника;

θ – фермиевский возраст нейтронов, тесно связанный с длиной замедления;

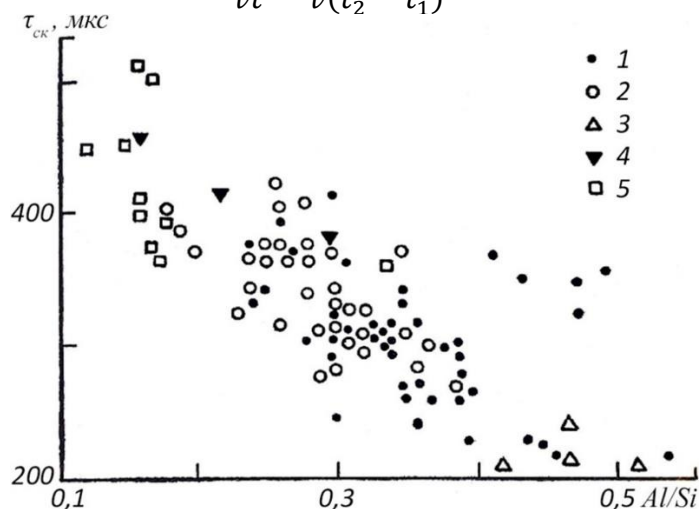
L_γ – длина переноса ГИРЗ, зависящая в основном от плотности породы;

τ_γ – среднее время жизни ГИРЗ.

Качественную интерпретацию результатов ИНГК осуществляют по скоростям счета ГИРЗ, измеренным при временных задержках t_1 и t_2 , а количественную оценку – по времени жизни тепловых нейтронов или чаще по макроскопическому сечению захвата тепловых нейтронов $\Sigma_{\text{рз}}$.

В зарубежной практике такую методику называют «сигма-каротаж», результаты которого обратно пропорциональны среднему времени жизни нейтронов τ :

$$\Sigma_{\text{pz}} = \frac{1}{vt} = \frac{\ln(N_1/N_2)}{v(t_2 - t_1)} \quad (5)$$



1 – глина; 2 – алевролит; 3 – мергель; 4 – песчаник; 5 – песок

Рисунок. Зависимость времени жизни нейтронов $\tau_{\text{ск}}$ в минеральном скелете породы от величины отношения Al/Si (по данным Д.М. Сребродольского, А.В. Авдеевой, В.А. Владимировой)

Разностно-нормированное отношение величины Ψ как интерпретационного параметра, в котором используются показания N_1 при времени задержки t_1 , менее инверсионной $t_{\text{и}}$, показания N_2 при времени задержки t_2 , более $t_{\text{и}}$ и показания способа $N_{\text{и}}$ при времени задержки $t_{\text{и}}$, будет более дифференцированным к насыщению пласта (вода или нефть), менее зависимым от пористости, литологии и скважинных условий. Положение водонефтяного контакта оценивают путем сравнения измеренных отношений

$$\Psi_i = \frac{N_1(t_1) - N_2(t_2)}{N_{\text{и}}(t_{\text{и}})}$$

с априорно установленными граничными значениями $\Psi_{\text{гр}}$, определяющими принадлежность пласта [3].

Импульсный НГК-нр находит широкое применение при исследовании нефтегазовых месторождений, в частности оценки нефтенасыщенности пород. Интерпретационным параметром-индикатором служат величина отношения C/O . Отличительная особенность импульсного C/O -каротажа заключается в независимости результатов от минерализации пластовых вод.

Применительно к угольным месторождениям, в частности при исследовании углеразведочных скважин по импульсной нейтронной гамма-спектрометрии можно существенно расширить сферу ее применения за счет более однозначного выделения угольных пластов и повышения достоверности и чувствительности оценки качества [4]. На опорном пласте угля находят длину зонда с точки зрения достижения максимальной интенсивности ГИНР на углероде с энергией 4,43 МэВ. При найденной длине зонда в момент нейтронного импульса во временном окне Δt , менее времени замедления первичных нейтронов измеряют интенсивность ГИНР на углероде и породообразующих элементах (Al, Si, S, Ca, Fe) с энергией (0,84-3,73 МэВ).

На опорном пласте плотного песчаника находят положение второго детектора на расстоянии не менее трех длин диффузии нейтронов с помощью которого измеряют

интенсивность ГИРЗ тепловых нейтронов на основных породообразующих элементах с энергией (4,96-7,73 МэВ) при времени задержки t в интервале 300-1200 мкс, выбираемом из условия обеспечения максимальной контрастности измеренной интенсивности ГИРЗ с энергией (4,96-7,73 МэВ) от опорных пластов угля и песчаника.

При этом угольные пласты в разрезе скважин выделяют: по максимуму интенсивности ГИНР с энергией 4,43 МэВ, минимуму интенсивности ГИНР с энергией (0,84-3,73 МэВ), минимуму интенсивности ГИРЗ с энергией (4,96-7,73 МэВ), а качество угольных пластов (зольность) определяют по величине отношения интенсивности ГИНР с энергией 4,43 МэВ к интенсивности ГИНР с энергией (0,84-3,73 МэВ) совместно с измеренной интенсивностью ГИРЗ с энергией (4,96-7,73 МэВ).

Выводы

Обзор теоретических и практических исследований методов импульсного нейтронного зондирования показывает их потенциальные возможности для решения многих геолого-геофизических задач. Высокая чувствительность и информативность импульсных нейтронных методов, сравнительно низкий уровень возмущающих факторов и принципиальные возможности их учета обеспечивают эффективность их массового применения при разведке месторождений полезных ископаемых.

Библиография

1. Кожевников Д.А. Нейтронные характеристики горных пород и их использование в нефтегазопромысловой геологии. – М.: Недра, 1974. – 184 с.
2. Мейер В.А., Ваганов П.А., Пшеничный Г.А. Методы ядерной геофизики. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. – 376 с.
3. Пак Д.Ю., Пак Ю.Н., Мадишева Р.К., Отубаев И.Т. Состояние и перспективы оценки нефтенасыщенности и положения водонефтяного контакта в процессе геофизических исследований скважин // Труды университета / КарГУ. Караганда, 2022. Вып. 1. – С. 81-89.
4. Патент РК № 35626. Способ исследования углеразведочных скважин по импульсной нейтронной гамма-спектрометрии. / Пак Ю.Н., Пак Д.Ю., Вдовкин А.В. и др. Дата выдачи: 22.04.2022.
5. Pak Y.N., Pak D.Y. Nuclear technologies in geologic-geophysical studies. – Karaganda, 2017. – 321 p.

Технологии скользящих окон в задачах интерпретационной обработки геолого-геофизической информации методами вероятностно-статистического подхода. Петров А.В.* (МГРИ Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, petrovstud@mail.ru)

Аннотация

Рассмотрены вопросы интерпретационной обработки геолого-геофизической информации методами вероятностно-статистического подхода с использованием скользящих окон.

Представлены алгоритмы, основанные на использовании одномерных, двумерных и трехмерных скользящих окон в задачах оценки статистических и спектрально-корреляционных характеристик геополей, методов линейной оптимальной фильтрации и выделения слабых аномалий.

Ключевые слова

Интерпретация, обработка, скользящие окна, геофизика.

Одним из условий эффективного применения широкого спектра математических методов в определенной прикладной области является учет свойственных ей характерных особенностей. Использование математического аппарата без учета этого приводит к заведомо отрицательным результатам. В полной мере это касается применения методов вероятностно-статистического подхода, применяемых в процессе интерпретационной обработки геолого-геофизических данных [1].

Так, часто встречающееся предположение о пространственной и временной стационарности спектрально-корреляционных характеристик геофизических полей никогда не выполняется. Более того, любая выборка, полученная в разных точках наблюдения поля, является выборкой не одной случайной величины, а набора нескольких случайных величин.

Реальные геолого-геофизические данные обладают рядом особенностей, которые существенным образом влияют на эффективное использование и построение большого числа алгоритмов интерпретационной обработки геофизической информации. Отметим наиболее существенные из них:

- пространственный и дискретный характер геолого-геофизических наблюдений;
- нестационарность геофизических наблюдений, по статистическим и спектрально-корреляционным характеристикам, в пространстве;

Приведенные особенности геофизических данных предполагают использование скользящих окон, с целью решения задачи формирования состоятельной выборки.

Одним из первых алгоритмов оценки статистических характеристик геофизического поля в скользящем окне можно считать их вычисления в скользящем вдоль профиля окне, включающем фиксированное число точек. Уже в этом, простейшем случае отмечаются недостатки, которые связаны с нестационарностью геофизических наблюдений, даже вдоль отдельного профиля наблюдений. Появляются ложные аномалии на краях отдельных профилей и наблюдается сильная зависимость конечной оценки того от размеров скользящего окна.

В двумерных скользящих окнах, эти недостатки становятся более заметным. Появляются новые проблемы, такие как искажение формы аномалий, вытянутых вдоль определенного направления, ошибки, возникающие при оценке статистических и

спектрально-корреляционных характеристик геополей, связанные с неправильным выбором параметров двумерных скользящих окон.

Очевидно, что возникшие проблемы использования скользящих окон связаны не с самой возможностью применения методов, базирующихся на достижениях теории статистических оценок, линейной оптимальной фильтрации в процессе обработки и интерпретации геофизических наблюдений, а с несовершенством реализующих их алгоритмов, в которых не учитывались особенности геофизических полей, среди которых одной из основных является их нестационарность.

Одним из первых алгоритмов, в котором, чисто интуитивно, была предпринята попытка учета площадной нестационарности наблюдаемых геополей, можно считать метод самонастраивающейся фильтрации (Демура Г.В., Никитин А.А.) в котором решалась задача обнаружения слабых линейных аномалий на основе оценки статистики Хоттелинга в скользящем двумерном вращающемся окне.

В начале 90-х годов, в компьютерную технологию «КОСКАД 3D» был включен модуль «Двумерная адаптивная фильтрация» [2], ориентированный на корректную фильтрацию именно нестационарных геополей, посредством автоматической настройки параметров фильтра (высота, ширина, наклон окна, весовые коэффициенты) к изменению спектрально - корреляционных свойств аномалий и помех по площади непосредственно в процессе фильтрации. Оценка корреляционного направления осуществляется на основе анализа структуры двумерной автокорреляционной функции $D(m,p)$, рассчитанной в окрестностях базового окна для каждой анализируемой точки (рис.1).

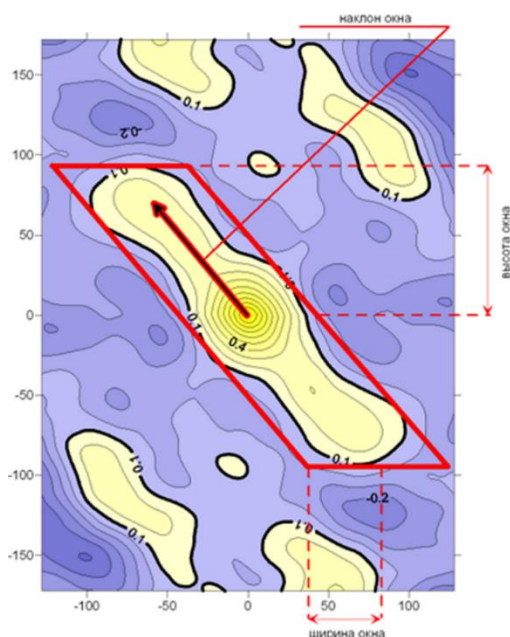


Рисунок 1. Выбор размеров окна фильтрации по двумерной автокорреляционной функции $D(m,p)$.

В трехмерном варианте аналогичным образом определяется второй наклон трехмерного скользящего окна, на основе анализа структуры трёхмерной автокорреляционной функции $T(m,p,l)$.

На рисунке 2 иллюстрируется как изменяются параметры двумерного скользящего окна фильтрации при различных положениях базового окна, внутри которого осуществляется оценка текущей двумерной автокорреляционной функции.

При адаптивной фильтрации, в окрестностях базового окна каждой точки наблюдения, осуществляется локальная фильтрация с уникальными параметрами и весовыми коэффициентами фильтра, отражающими изменение спектрально – корреляционных характеристик поля по площади. Так, если в окрестностях определенной точки отсутствуют аномалии, то ширина и высота окна фильтрации будут минимальными. При наличии в окрестностях точки самых энергоемких и протяженных аномалий ширина и высота окна фильтрации будут максимальными, но не превышающими размеров базового окна.

На основе технологии, которая применялась при построении двумерных адаптивных фильтров, был разработан и алгоритм для оценки статистических и спектрально-корреляционных характеристик геополей в окнах с изменяющимися размерами и наклоном.

Использование адаптивных фильтров позволило резко повысить качество результатов фильтрации и исключить негативные эффекты, свойственные неадаптивным фильтрам [3].

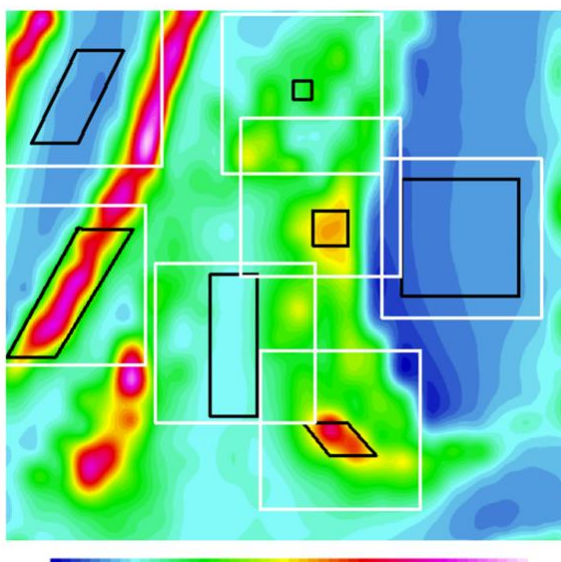


Рисунок 2. Форма адаптивного окна фильтрации (черный цвет) при различных положениях базового окна (белый цвет).

Дальнейшее совершенствование алгоритмов, использующих динамические скользящие окна (окна меняющие свои размеры и наклон), привело к созданию алгоритмов, базирующихся на анализе информации в скользящих окнах «живой» формы.

Суть технологии скользящего окна «живой» формы заключается в следующем. По двумерной автокорреляционной функции оцениваются размеры двумерного базового окна. Затем в скользящем базовом окне рассчитывается текущая двумерная автокорреляционная функция $Dt(m,p)$. В качестве критерия для включения точки в двумерное окно «живой» формы используются соответствующие значения двумерной автокорреляционной функции $Dt(m,p)$. Если значение $Dt(m,p) > 0.1$, то точка попадает в окно «живой» формы, если $Dt(m,p) < 0.1$, то точка не попадает в окно «живой» формы. Таким образом, в окно «живой» формы попадают только точки, которые коррелируются с центральной точкой.

На рисунке 3 иллюстрируется форма окна «живой» формы при различных положениях базового окна. Из рисунка видно, что окно может быть не замкнутым, а

разрывным, что определяется исключительно характером текущей двумерной автокорреляционной функции [4].

Серьезной проблемой при реализации двумерного варианта являются вычислительные ресурсы, связанные с необходимостью вычисления двумерной автокорреляционной функции $D(m,p)$ в окрестностях базового окна каждой анализируемой точки поля. Тестирование показало, что современные персональные компьютеры достаточно высокой производительности не способны реализовать предложенную вычислительную схему для сетей средних размеров за технологически оправданное время. Для решения проблемы можно использовать оригинальный алгоритм рекурсивного пересчета $D(m,p)$ при смещении базового окна вдоль профилей.

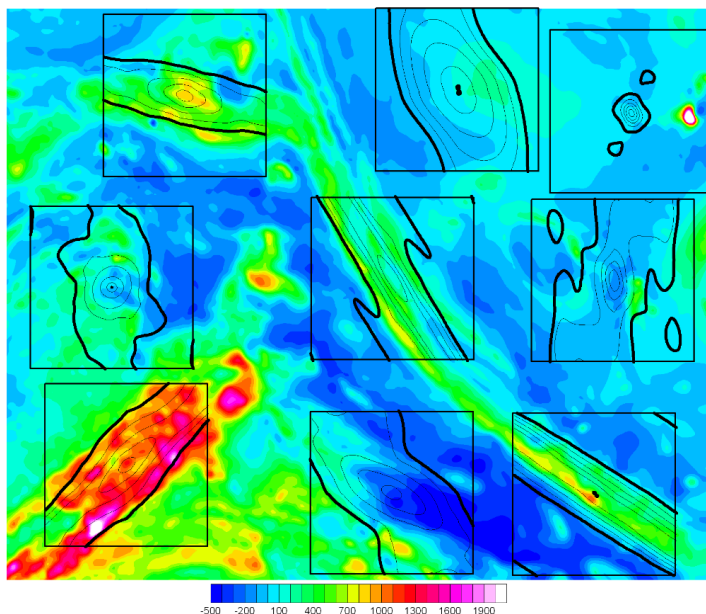


Рисунок 3. Форма окна «живой» формы при различных положениях базового окна.

Выводы

Технология скользящего окна «живой» формы позволяет получать эффективные оценки статистических характеристик геополей, реализовывать широкий спектр одномерных и двумерных фильтров, оценивать параметры аномалиеобразующих объектов и решать широкий спектр прикладных задач интерпретационной обработки цифровой геолого-геофизической информации.

Библиография.

1. Никитин А. А., Петров А. В. Теоретические основы обработки геофизической информации. Учебное пособие. Москва. 2017. 127с.
2. Петров А. В., Юдин Д. Б., Соели Хоу. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D» // Вестник Краунц. Науки о Земле, УДК 551-214, N0 2. 2010. С. 126-132.
3. Петров А.В., Солоха Е.В., Технология анализа геополей в скользящих окнах «живой» формы. Материалы 33-й сессии международного семинара им. Д.Г.Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей», Екатеринбург, 2006, с. 271-275
4. Фан Т. Х., Петров А. В., До М.Ф. Геологическое районирование центральной части Вьетнама по результатам интерпретационной обработки данных магниторазведки

с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D» / Фан Т. Х, Петров А. В.,
До М.Ф. // Разведка и охрана недр. - 2021. С 27-33.2.

Адаптивные методы интерпретационной обработки геофизических полей в компьютерной технологии КОСКАД 3D. Петров А.В. (МГРИ Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, petrovstud@mail.ru)*

Аннотация

Предложены новые подходы интерпретационной обработки геофизических данных, обеспечивающие надежное выделение геологических объектов при нестационарном характере наблюдаемых геофизических полей. В основе лежит автоматическое изменение параметров скользящих окон в соответствии с изменением спектрально-корреляционных свойств. Оценка изменений свойств поля осуществляется путем рекурсивного пересчета корреляционных функций в окрестностях анализируемой точки поля.

Ключевые слова

Интерпретация, обработка, скользящие окна, геофизика.

Геофизические поля в общем случае носят пространственно-временной характер и чаще всего являются нестационарными как в пространстве, так и во времени по спектрально – корреляционным свойствам. Это обстоятельство обуславливает необходимость использования адаптивных методов интерпретационной обработки анализа геофизических полей с целью надежного выделения искомым геологических объектов.

Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД 3D [2] с самого начала была ориентирована на создание широкого спектра адаптивных процедур: самонастраивающейся фильтрации для обнаружения слабых линейных сигналов, одномерной и двумерной адаптивной энергетической фильтрации для разделения полей на составляющие, классификационных алгоритмов для районирования территорий по множеству признаков (атрибутов) на однородные в признаковом пространстве области [3]. Возможности адаптивных процедур существенно расширены за счет использования технологии интерпретационной обработки геофизических данных в скользящих окнах «живой» формы. Технология широко используется при оценке статистических и градиентных характеристик геофизических полей, линейной оптимальной фильтрации и при оценке сейсмических атрибутов на основе методов вейвлет-анализа.

Эффективность применения адаптивных процедур иллюстрируется на примере обработки наблюдаемого гравитационного поля (рисунок 1). Здесь представлены непосредственно исходное гравитационное поле (а), адаптивные оценки региональной (b) и локальной (c) составляющих гравитационного поля в окнах «живой» формы. Отрицательные аномалии локальной составляющей, чаще всего приуроченные к сводам антиклинальных ловушек углеводородов, имеют различные размеры и простирание. Поэтому для их выделения традиционными методами, например, путём осреднения в скользящем окне, потребовалось бы использование скользящих окон разных размеров и формы. Адаптивная фильтрация в окнах «живой» формы обеспечивает одновременное и устойчивое выделение аномалий различного простирания и размеров.

Применение метода самонастраивающейся фильтрации к остаточному гравитационному полю Δg , после исключения трендовой компоненты, позволяет выделить протяжённые линейные аномалии, отражающие положение слабопроявленных тектонические дислокации в пределах той же площади (рисунок 1.d).

Адаптивные процедуры позволяют эффективно оценивать статистические атрибуты данных глубинной сейсморазведки (среднего, дисперсии, эксцесса, асимметрии).

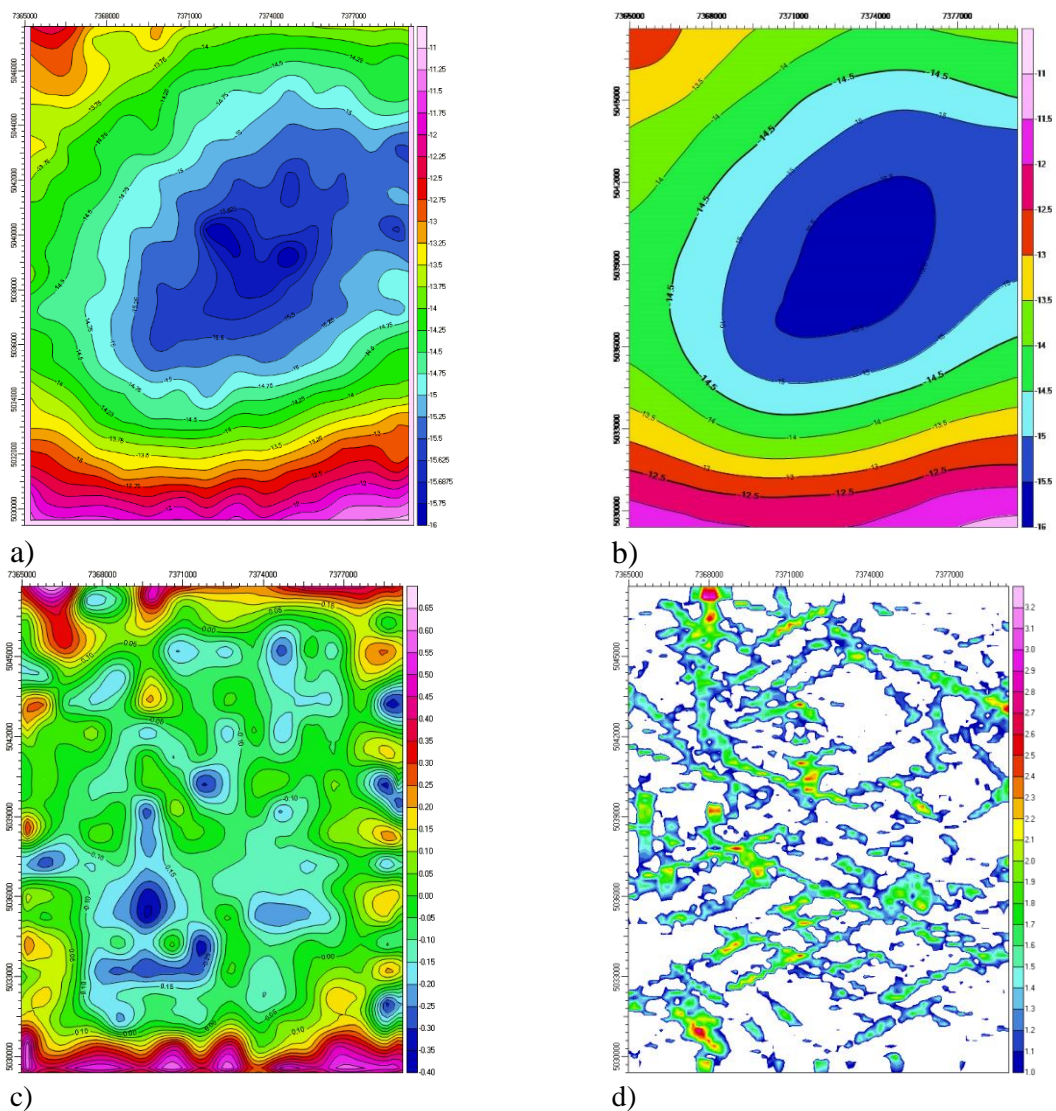


Рисунок 1. Исходное гравитационное поле dG мг (a), региональная компонента поля dG Mg (b), локальная компонента поля dG мг (c), результат выделения слабых локальных аномалий (отн. ед.) (d).

Вычисление статистических и корреляционных функций гравитационного поля в скользящих окнах «живой» формы, позволяет перейти к оценке глубины и формы контактных поверхностей путём расчёта эффективных глубин при оценке ДАКФ(m) в последовательно увеличивающихся по размерам окнах [1].

На основе модифицированного метода Б. А. Андреева разработана адаптивная технология оценки относительных значений плотности по глубине. Эта технология сводится к реализации следующих процедур:

- осуществляется двумерная адаптивная энергетическая фильтрация гравитационного поля в окнах «живой» формы с размерами окна 5×5 , 7×7 точек и т. д. до величины $0.3L$, где L – размер максимальной стороны прямоугольной площади исследования по оси X или Y ;

-оцениваются разностные значения между полученными результатами фильтрации в окнах разного размера;

-оценивается глубина залегания аномалиеобразующего объекта, которая связана с шириной окна фильтрации L соотношением $H=0.33L$ [4].

Результаты приведённой технологии при интерпретации данных гравиразведки, вдоль линии профиля (на рисунке слева), показаны на рисунке 2.

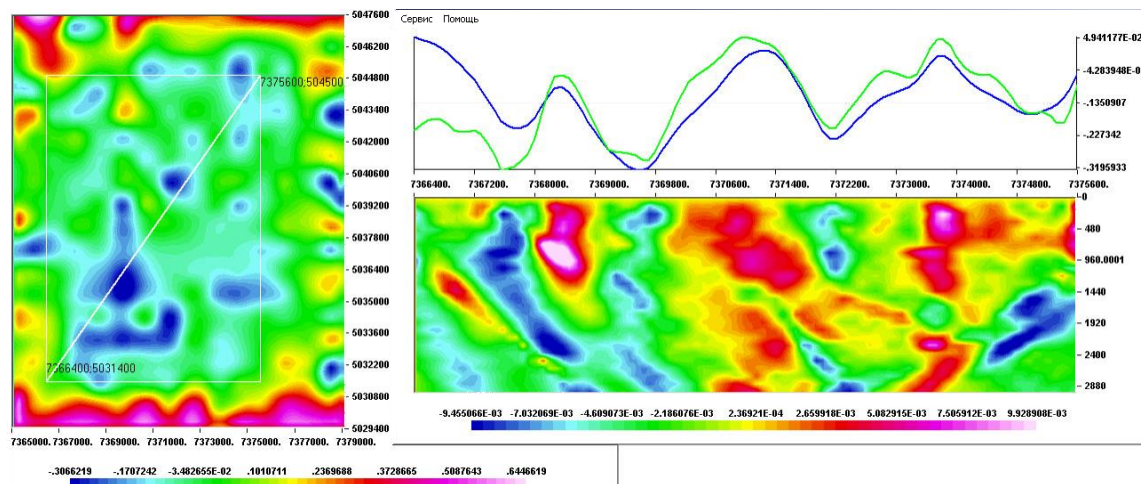


Рисунок 2. Остаточное поле и линия положения профиля - слева; график поля вдоль профиля (синий цвет) и результат решения трехмерной прямой задачи (зеленый цвет) - справа сверху; относительное распределение гравитационных масс – справа внизу.

Отметим хорошее совпадение результатов решения прямой задачи от полученного относительного распределения плотности по глубине с наблюденной кривой.

Технологии интерпретационной обработки геофизических полей в окнах «живой» формы обеспечивает возможность разделения и выделения аномальных эффектов при нестационарном характере наблюдений, а также решает задачи оценки положения аномалиеобразующих объектов по гравитационному полю.

Помимо изложенных выше адаптивных процедур обработки и интерпретации геополей в скользящих «живой» формы, компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД 3D включает широкий спектр адаптивных процедур по оценке статистических, градиентных и спектрально-корреляционных характеристик геополей, линейной оптимальной фильтрации и выделения слабых локальных аномалий.

Библиография.

1. Андреев Б. А., Клушин И. Б. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. М., Недра 1968
2. Никитин А. А., Петров А. В. Теоретические основы обработки геофизической информации. Учебное пособие. Москва. 2017. 127с.
3. Петров А.В. Адаптивная фильтрация геополей. Геоинформатика, 1996, №6.
4. Петров А.В. , Солоха Е.В., Технология анализа геополей в скользящих окнах

Моделирование упругих волн в арктическом волноводе для задач сейсмического мониторинга и оценки характеристик ледового покрова. Преснов Д.А. (ИФЗ РАН, presnov@physics.msu.ru)

Аннотация

В работе теоретически и экспериментально анализируются упругие волны, регистрируемые при размещении сейсмометрической аппаратуры на плавающем льду. Продемонстрировано, что в рамках горизонтально-слоистой модели может возникать нескольких типов волноводных мод, не требующих специального источника, которые формируют фоновое микросейсмическое поле.

На основе анализа экспериментальных данных полевого эксперимента изучается возможность применения методов сейсморазведки, основанных на поверхностных волнах (поверхностно-волновая томография, MASW) в ледовых условиях. Исследование микросейсмического шума показало возможность оценки характеристик ледового покрова по данным вмороженного сейсмометра в пассивном режиме.

Ключевые слова

Слоистая среда, сейсмоакустика, микросейсмы, арктический шельф, поверхностные волны.

Источники финансирования

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-77-00067, <https://rscf.ru/project/22-77-00067/>

Введение

Актуальность задачи мониторинга обширных акваторий, покрытых ледовым покровом обусловлена сегодняшними потребностями цивилизации, среди которых можно отметить необходимость открытия новых месторождений углеводородов на шельфе, вызванную ростом потребления минерально-сырьевых ресурсов. Эффективные методы морской сейсморазведки, основанные на принципах непрерывного сейсмоакустического профилирования, сталкиваются при исследованиях в Арктике с определенными трудностями, обусловленными наличием льда. С другой стороны, в последние десятилетия в сейсмологии активно развивается новое научное направление, связанное с размещением датчиков непосредственно на поверхности льда [2, 6, 7, 9, 10]. Важность научного освоения Арктики связана также и с обеспечением сейсмической и экологической безопасности региона [8]. Кроме того, в последние годы были предложены новые технические решения позволяющие организовывать долговременные сейсмические наблюдения на ледовых полях [1, 3]. Так, в 2022 году стартовала научно-исследовательская экспедиция Северный полюс-41, в которой используется новейшая ледостойкая самодвижущаяся платформа.

Таким образом, остро встает вопрос интерпретации сейсмоакустических сигналов, регистрируемых на льду и в первую очередь возможность выделения

сейсмических сигналов, несущих информацию о геологических структурах шельфа. В этой связи целесообразным представляется создание стандартной модели для описания закономерностей распространения как детерминированных, так и случайных волновых возмущений в арктических условиях.

Математическая модель слоистой среды

С физической точки зрения море, покрытое льдом, представляет собой совокупность твердых и жидких сред с выраженными границами раздела. Как известно, наиболее эффективным переносчиком энергии в такого рода средах являются упругие (акустические, сейсмические) волны.

Рассмотрим двумерную математическую модель в виде упругого полупространства, покрытого слоем сжимаемой жидкости и упругим слоем (рисунок 1). В рамках такой модели помимо объемных волн могут существовать также нормальные волны, распространяющиеся в горизонтальном направлении, то есть вдоль границ слоев.

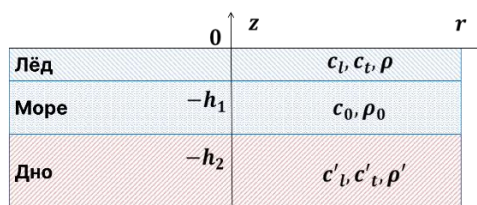


Рисунок 1. Геометрия математической модели арктического волновода; где обозначено c_1 - скорость продольных волн, c_t - скорость поперечных волн, ρ - плотность, h_1 - толщина льда, h_2 - глубина водоема.

Кинематические параметры этих волн определяются из характеристического уравнения, для получения которого необходимо использовать граничные условия:

$$\begin{array}{lll}
 \sigma_{zz}|_{z=0} = 0, & \sigma_{zr}|_{z=-h_1} = 0, & \sigma'_{zr}|_{z=-h_2} = 0, \\
 \sigma_{zr}|_{z=0} = 0, & (\sigma_{zz} - \sigma_{0zz})|_{z=-h_1} = 0, & (\sigma_{0zz} - \sigma'_{zz})|_{z=-h_2} = 0, \\
 & (u_z - u_{0z})|_{z=-h_1} = 0, & (u_{0z} - u'_z)|_{z=-h_2} = 0.
 \end{array}$$

Которые отражают отсутствие нормальных σ_{zz} и касательных σ_{zr} компонент тензора напряжений на свободной поверхности, отсутствие сдвиговых компонент напряжений на границах с жидкостью, а также непрерывность нормальных компонент тензора напряжений и вектора смещений u_z на границах с жидкостью.

В такой постановке на большие расстояния будут распространяться следующие типы волн [4]: 1) поверхностная волна типа Шолте-Стоунли, бегущая вдоль поверхности дна, 2) гидроакустические моды в водном слое и 3) изгибные колебания ледовой пластины типа Лэмба. Именно эти волновые возмущения формируют микросейсмическое волновое поле формирующее на поверхности ледового покрова. Для изучения возможности применения поверхностно-волновых методов сейсморазведки с целью изучения геологических структур дна с ледового покрова необходимо проанализировать сейсмограммы, полученные в полевых условиях.

Анализ данных полевых наблюдений

Пассивные поверхностно-волновые методы сейсморазведки, в основе которых лежит определение функции Грина среды по шумовым данным [5], зародились более десяти лет назад и сегодня являются крайне популярным и востребованным направлением в сейсмологических исследованиях по всему миру. Эти методы базируются на том, что измеряемое шумовое волновое поле сформировано в основном поверхностной волной Рэлея, однако наличие водного слоя, и тем более ледового покрова, значительно усложняет наблюдаемую картину.

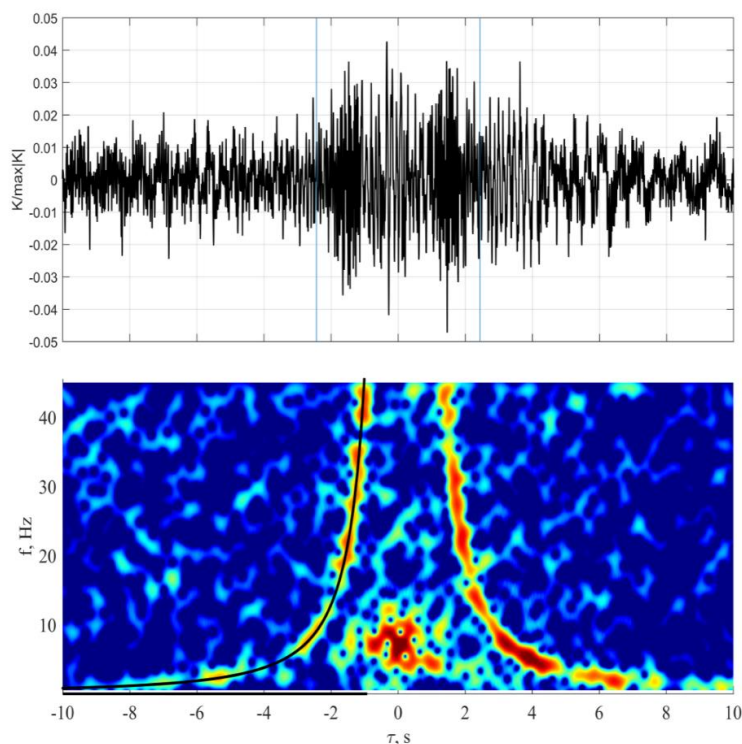


Рисунок 2. Усреднённая за длительный период накопления взаимно-корреляционная функция микросейсмического шума, зарегистрированного в эксперименте на поверхности льда парой сейсмометров (сверху), и спектрограмма взаимно-корреляционной функции (снизу), на которой выделяется диспергирующий сигнал, соответствующий изгибно-гравитационной волне в ледовой пластине (черным показана теоретическая зависимость).

В рамках эксперимента, проведенного в ледовых условиях озера Байкал использовалась пара сейсмометров, установленных на льду и разнесенных на расстояние ~1000 м. В качестве примера эффективности пассивных методов на рисунке 2 приведена взаимно-корреляционная функция микросейсмического шума, записанного в течении 1 суток. Как можно видеть на спектрограмме, взаимно-корреляционная функция имеет два симметричных относительно 0 временной задержки максимума, которые характеризуют время пробега шумового сигнала между парой станций. С использованием характеристического уравнения по зависимости скорости пробега от частоты можно сделать вывод, что сигнал на поверхности льда в основном сформирован изгибно-гравитационной модой.

Выводы

Таким образом микросейсмический шум на льду может использоваться для дистанционной оценки упругих параметров и толщины ледового покрова. При этом, его частотный диапазон от 0.1 до 40 Гц ограничивает применение классических методов сейсморазведки и требует дальнейшего развития математических моделей, построенных на принципах физической акустики слоистых сред. На основе моделирования могут разрабатываться современные пассивные методы дистанционного изучения морского дна, водной толщи и ледового покрова. Поставленная научная проблема имеет важное прикладное значение как для применяемых сегодня технологий сейсморазведки, так и для функционирования перспективных автономных систем.

Библиография

1. Крылов А.А., Рогинский К.А., Ганжа О.Ю. Наледная сейсмостанция для регистрации землетрясений и сейсмических шумов в арктических морях // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2022. Т. 14. № 6. С. 815–825.
2. Преснов Д.А., Собисевич А.Л., Шуруп А.С. Исследование возможностей пассивной томографической реконструкции параметров мелкого моря по данным натуральных измерений на поверхности льда // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2020. Т. 84. № 6. С. 815–818.
3. Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Агафонов В.М., Собисевич Л.Е. Вмораживаемый автономный геоакустический буй нового поколения // Наука и технологические разработки. 2018. Т. 97. № 1. С. 25–34.
4. Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Собисевич Л.Е., Шуруп А.С. О локализации геологических отдельностей арктического шельфа на основе анализа модовой структуры сейсмоакустических полей // Доклады Академии наук. 2018. Т. 479. № 1. С. 80–83.
5. Тихоцкий С.А., Преснов Д.А., Собисевич А.Л., Шуруп А.С. Использование низкочастотных шумов в пассивной сейсмоакустической томографии дна океана // Акустический журнал. 2021. Т. 67. № 1. С. 107–116.
6. Яковлев А.В., Ковалев С.М., Шиманчук Ег.В., Шиманчук Ев.В., Ньюбом А.А. Сеть сейсмических станций, установленная на дрейфующих льдах: эксперимент на севере Баренцева моря // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 496. № 2. С. 158–163.
7. Moreau L., Boué P., Serripierri A., Weiss J., Hollis D., Pondaven I., Vial B., Garambois S., Larose E., Helmstetter A., Stehly L., Hillers G., Gilbert O. Sea ice thickness and elastic properties from the analysis of multimodal guided wave propagation measured with a passive seismic array // Journal of Geophysical Research: Oceans. 2020. V. 125. № 4. e2019JC015709.
8. Morozov A.N., Vaganova N.V., Antonovskaya G.N., Shakhova E.V., Asming V.E., Evtuygina Z.A., Gabsatarova I.P., Dyagilev R.A. Low-magnitude earthquakes at the eastern ultraslow-spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean // Seismological Research Letters. 2021. Т. 92. № 4. С. 2221–2233.
9. Serdyukov A., Koulakov I., Yablokov A. Numerical modelling of seismic waves from earthquakes recorded by a network on ice floes // Geophysical Journal International. 2019. V. 218. № 1. P. 74–87.

10. Schlindwein V., Müller C., Jokat W. Microseismicity of the ultraslow-spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean: A pilot study // Geophysical Journal International. 2007. V. 169. № 1. P. 100–112.

**Результаты исследования некоторых свойств модельного импульса Берлаге .
Романов В.В.* (МГРИ, romanovv@mgri.ru)**

Аннотация

Одной распространённых моделей колебательных процессов, возникающих при движении сейсмической волны, является импульс Берлаге. Он применяется в разных сферах деятельности, в первую очередь — в сейсморазведке и сейсмологии. В работе рассматриваются две проблемы, возникающей при использовании этого импульса и пути их решения. Это необходимость нормировки вычисленных значений импульса к 1 до умножения на требуемую амплитуду и оценка декремента затухания колебания по записи импульса.

Ключевые слова

Импульс Берлаге, амплитуда импульса, нормирование импульса Берлаге, сейсморазведка, сейсмическая активность

Теория

Одной из наиболее достоверных и распространённых моделей колебательных процессов, возникающих при движении сейсмической волны, является импульс Берлаге, описываемый уравнением

$$s = t \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin \omega t$$

Модель импульс Берлаге применяется при мониторинге гидравлического разрыва пласта, анализа геоакустической эмиссии, моделирования данных сейсморазведки, обработки и интерпретации сейсмической информации, в системах охранной сигнализации, основанных на улавливании колебательного движения [1–6].

Уравнение Берлаге было создано голландским сейсмологом Хендриком Петрусом Берлаге(младшим) (1896-1968), сыном известного голландского архитектора — своего полного тёзки. Как и любое уравнение затухающего колебания, уравнение Берлаге основано на умножении гладкой аperiодической огибающей на периодическую функцию — гармоническое заполнение. Параметр β в уравнении — коэффициент затухания, логарифмическая мера уменьшения энергии колебаний во времени. Коэффициент затухания связан с другой характеристикой затухания — декрементом, уравнением:

$$\beta = \alpha \cdot f$$

От классического уравнения затухающей синусоиды импульс Берлаге отличает множитель t в огибающей, придающий ей более сложную форму. Такая форма огибающей позволяет учитывать нерезкость вступления, характерную для сейсмических волн, распространяющихся в поглощающей среде или сформированных на нерезких границах. Затухающая синусоида перестаёт быть периодической при декременте затухания больше 2π , импульс Берлаге — при декременте в 4π .

Импульс Берлаге не нормирован к единице, его амплитуда зависит от логарифмического коэффициента затухания и частоты. Для решения этой проблемы используется предположение, что огибающая и гармоническое заполнение принимают максимальное значение в один момент времени, тогда амплитуда импульса Берлаге:

$$a_{max} = \frac{1}{e \cdot \beta}$$

На рисунке 1 показано, что максимумы огибающей и гармонического заполнения не совпадают, а максимум импульса Берлаге ближе к максимуму гармонического заполнения.

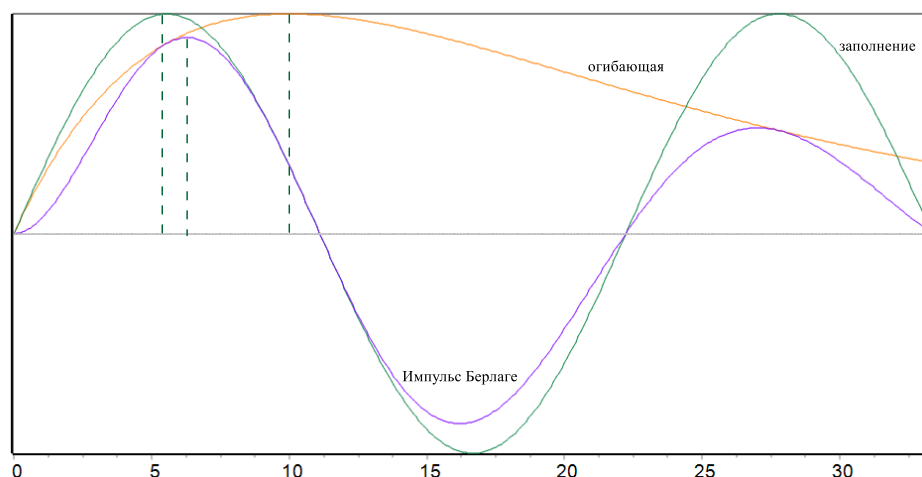


Рисунок 1. Взаимное расположение максимумов огибающей, гармонического заполнения и импульса Берлаге, полученного их произведением

Более точно амплитуда ненормированного импульса Берлаге выражается соотношением:

$$a_{max} = \frac{1}{k \cdot e \cdot \beta}$$

где k — поправочный коэффициент, зависящий только от декремента затухания колебаний.

В результате сравнения фактических амплитуд ненормированного импульса Берлаге удалось установить, что график зависимости поправочного коэффициента от декремента затухания имеет сложную асимметричную колоколообразную форму, напоминающую график гауссовой функции. На кривой наблюдается выраженный устойчивый максимум при $\alpha_{кр} = 2,15$. Наибольшие отклонения наблюдаются от приближённой оценки амплитуды наблюдаются в диапазоне декрементов 1,6– 3,2, за пределами этого интервала ввод поправки не нужен.

Для аналитического выражения этой зависимости была подобрано аппроксимирующее уравнение на основе убывающей гауссоподобной функции (Рисунок 2).

$$k = 1 + 0.13e^{-2.4\sqrt{|\alpha - \alpha_{кр}|}}$$

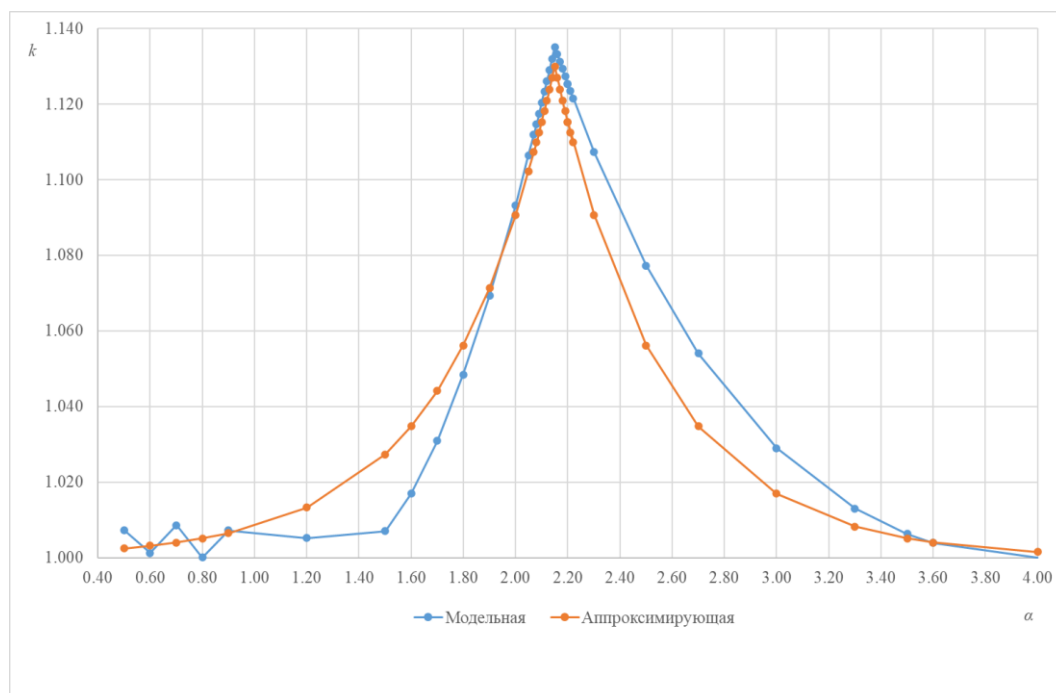


Рисунок 2. Аппроксимация модельной кривой зависимости поправочного коэффициента k от декремента затухания колебаний

Применение поправочной коэффициента позволило снизить максимальную относительную погрешность оценки амплитуды ненормированного импульса с 13 до 2%. Возможность расчёта максимального уровня импульса Берлаге до нормирования позволяет избежать ошибок, вносимых дискретизацией в значения импульса. Если использовать для нормирования фактический максимум дискретного импульса, а не его аналитическую оценку, то с ростом шага дискретизации погрешность расчёта сигнала будет расти, так как дискретный максимум может не совпадать с аналоговыми.

Второй практически важной проблемой, возникающей при использовании импульса Берлаге в качестве модельного при оценке параметров сейсмических колебаний, это нахождение декремента затухания по записи импульса. Для стандартной модели затухающей синусоиды декремент α находится как натуральный логарифм отношения двух соседних экстремумов одного знака (n — номер 1 экстремума).

$$\alpha = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}}$$

Но, при одних и тех же параметрах, экстремальные значения импульса Берлаге уменьшаются намного медленнее, чем у затухающей синусоиды за счёт множителя t в огибающей (Рисунок 3). Поэтому для определения декремента поглощения импульса Берлаге должно учитывать это сомножитель и применять точную формулу (t — время наблюдения экстремума).

$$\alpha = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}} + \ln \frac{t_n}{t_{n+1}}$$

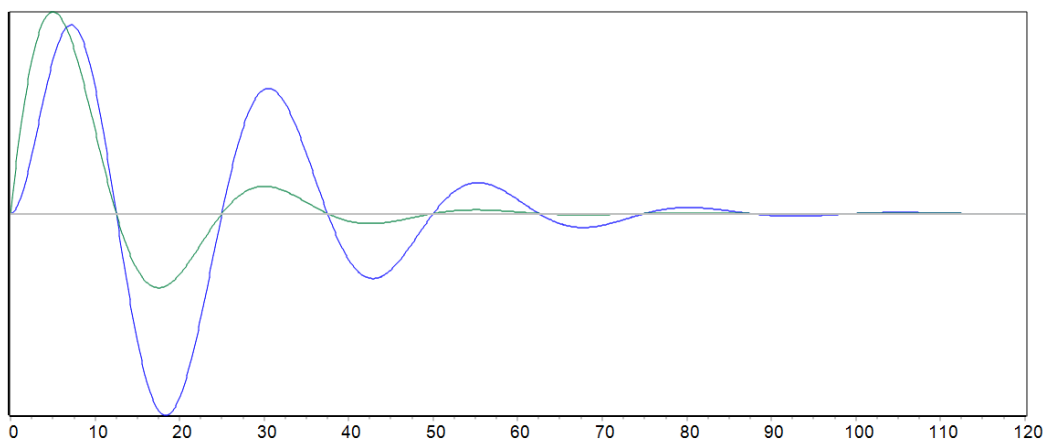


Рисунок 3. Различия формы импульса Берлаге (синий цвет) и затухающей синусоиды (зелёный цвет) при равной частоте и коэффициенте затухания импульсов

Второе слагаемое в формуле имеет смысл поправки, прибавляемой к оценке декремента затухания по импульсу Берлаге, её значение уменьшается с ростом номера экстремума. Учитывая, что в реальных сейсмических сигналах редко выделяется большое количество экстремумов, поправка за форму огибающей импульса становится критически важной для точной измерения декремента затухания.

Выводы

В результате выполненного исследования было установлено приближенное аналитическое соотношение между амплитудой ненормированного импульса Берлаге и его частотой и декрементом затухания. Также показана формула, при помощи которой точно находится коэффициент затухания импульса Берлаге по его экстремальным значениям.

Библиография

1. Баев А. В. Математическое моделирование рефракции акустической волны в окрестности каустики //Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2013. – Т. 53. – №. 7. – С. 1124-1138.
2. Гонтаренко И. А., Гуленко В. И. Разработка программных средств для экспресс моделирования сейсмических волновых полей //Георесурсы. – 2012. – №. 1 (43). – С. 15-18.
3. Зотеев В. Е., Дубинина И. П. Математическое моделирование сейсмической активности в форме импульса Берлаге на основе разностных уравнений / Материалы XI Всероссийской научной конференции с международным участием «Математическое моделирование и краевые задачи» (27-30 мая 2019 г. Самара. Россия). Т. 1. Самара: СамГТУ, 2019. С. 304-308.
4. Луковенкова О. О. Сравнение методов разреженной аппроксимации на примере сигналов геоакустической эмиссии //Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2014. – №. 2 (9). – С. 59-67.

5. Романов В. В. Влияние приповерхностного высокоскоростного слоя на динамические и кинематические свойства отражённых волн // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2021. – №. 1. – С. 58-63.
6. Сенкевич Ю. И. и др. Методика выделения информативных признаков в сигналах геоакустической эмиссии // Информатика и автоматизация. – 2019. – Т. 18. – №. 5. – С. 1066-1092.

Современные методы разведки полезных ископаемых. А.Ю. Рыбальченко, Р.В. Красников (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, anton.rybalchenko@bk.ru; rvk.doc@mail.ru)

Аннотация

На первый взгляд кажется, что физика и геология разные науки. Но если бы не была развита геофизика – не было найдено многих полезных ископаемых в Земле. Геофизика – это молодая наука, которая изучает физические свойства и физические процессы, происходящие на Земле. В геологии невидимое становится видимым. Например, сердце человека не видно простым глазом и с помощью рентгеновского аппарата его увидеть очень просто. Так же и в геологии: то, что не видит глаз, "рассмотрят" сложные геофизические приборы. Эти приборы измеряют магнитное, электрическое и другие свойства горных пород. Существует магнитометрический метод поиска. Вокруг магнита существует магнитное поле. При отклонении стрелки компаса от обычного положения, можно предположить, что здесь в глубине Земли есть железные руды, стрелка будет направлять нас к рудной залежи, несмотря на то с какой стороны мы подошли. Магнитная стрела аэромагнитометра, пролетающего вблизи залежей, ведет себя таким же образом.

В Курской области и многих других местах данным способом найдены крупнейшие запасы железных руд (рис.1). Если руды мало или она находится на большой глубине, то обычная магнитная стрелка ее может не почувствовать и тогда используют более сложные приборы. Сильными магнитными свойствами обладают исключительно железные руды, но также существует большое количество полезных ископаемых немагнитных, для их поисков данный метод не подходит.



Рисунок 1. Курская магнитная аномалия.

Ключевые слова

Полезные ископаемые, породы, метод, сила тяжести, волны.

В данной статье мы рассмотрим гравиметрический и сейсмометрический метод поисков.

Гравиметрический метод поисков получил название от латинского слова "гравитас" - тяжесть. Наука «Гравиметрия» изучает изменения ускорения силы тяжести в различных точках Земли. Сила тяготения действует на Земле повсеместно, но ее сила неодинакова. Чем предмет тяжелее — тем сильнее он притягивается к себе. В глубинах Земли и в горах находятся различные породы, очень сильно различающиеся по плотности. Если взять для примера кусок свинцовой руды, то он будет примерно в два раза тяжелее куска гранита по объему такого же, из этого следует, что руда притягивает к себе сильнее, также такие породы как соль или гипс имеют меньшую плотность состава и сила притяжения будет гораздо меньше. В зависимости от силы притяжения можно искать месторождения по изменению величины сил. Для поиска таких пород был изобретен прибор, «Гравитационный вариометр», благодаря которому можно определить силу тяготения. Состоит он шариков и коромысла, подвешенного на тонкой кварцевой нити. На концах коромысла. Один шарик крепится на длинной нити, а второй на одном из концов коромысла. Когда прибор находится вблизи тяжелой массы, например рудной залежи, шарик на нити наклоняется к ней и поворачивает коромысло. Далее в зависимости от направления и поворота коромысла, мы можем определить местонахождения залежи и ее величину.

Подобным образом измеряется не абсолютная величина ускорения силы тяжести, а относительная – определяется отношение значения коэффициента углового момента к его положению в двух соседних пунктах. Залежи пород, имеющих повышенную плотностью, находят при помощи очень чувствительного маятника, который начинает двигаться активнее рядом с тяжелыми массами. Гравиметрическим способом обнаружено множество залежей руд.

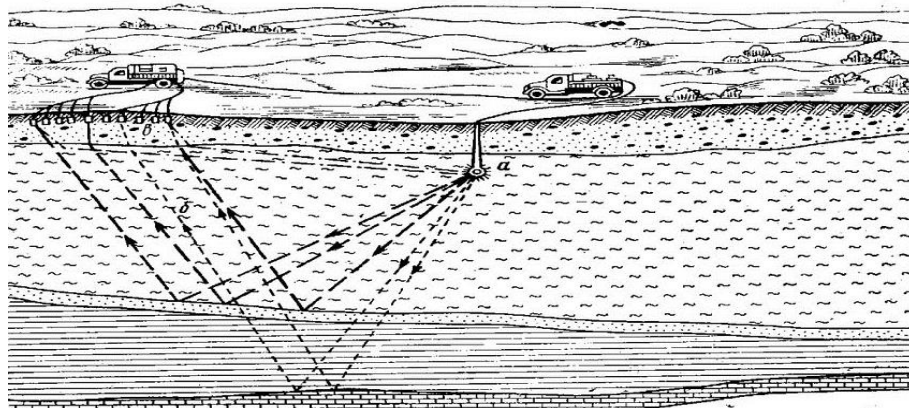


Рисунок 2. Схема сейсморазведочных работ методом отраженных волн.

Одним из основных методов поисковой геофизики является «Сейсмометрический метод», в основе методики сейсморазведочных работ лежит возбуждение сейсмических волн и измерение времени прохождения этих волн от источника до расстановки специальных устройств «сейсмоприемников», обычно располагаемых вдоль прямой линии, направленной на источник (рис. 2). Вызванные взрывом или другим способом упругие волны, распространяются во все стороны от источника колебаний в глубину Земли. В процессе распространения упругих волн в толще Земли, они претерпевают

процессы преломления и отражения в следствие чего часть сейсмической энергии возвращается к поверхности Земли, где вызывает дополнительные относительно слабые колебания, после чего они регистрируются специальными устройствами. Траектория сейсмических волн воссоздается за счет известного нам времени пробега до отдельных сейсмоприемников и скорости распространения волн. Структурную информацию получают после изучения траекторий волн, попадающих в две основные категории: головные или преломленные. Основная часть пути проходит вдоль границ раздела двух слоев и приблизительно горизонтальна, отраженные волны, у которых энергия первоначально распространяется вниз, а в некоторой точке отражается обратно к поверхности, из чего следует, что общий путь практически вертикален.

Главной задачей сейсморазведки является получение информации о породах и элементах залегания различных пластов из наблюдаемых времен вступления волн и из вариаций амплитуды, частоты и формы сигнала.

Данным методом были открыты практически все новые месторождения нефти и многих других полезных ископаемых.

Библиография

1. Бейтс, Р.Л. Геология неметаллических полезных ископаемых / Р.Л. Бейтс. - Москва: Наука, 2015. - 548 с.;
2. Карлович, И. А. Геологическое строение и полезные ископаемые Северной Евразии. Учебник для вузов / И.А. Карлович. - М.: Академический проект, 2015. - 496 с.;
3. Каменский, Г. Н. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых / Г.Н. Каменский, П.П. Климентов, А.М. Овчинников. - М.: Государственное издательство геологической литературы, 2017. - 356 с
4. Старостин, В. И. Геология полезных ископаемых / В.И. Старостин, П.А. Игнатов. - М.: Мир, Академический Проект, 2017. - 512 с.

Создание трехмерной геологической модели южной части Тутуянской площади Кузбасса в ГГИС Micromine Origin. Смирнова А.Д. (ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»), 211a19@kuzstu.ru), Михайлова Т.В. (ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»), mdg@kuzstu.ru)*

Аннотация

Данная статья посвящена первому этапу каркасного моделирования южного участка Тутуянской площади Кузбасса с применением горно-геологической информационной системы Micromine Origin, являющейся инновационным программным решением для трехмерного математического моделирования пластовых угольных месторождений. Горно-геологические информационные системы позволяют специалистам угольной промышленности оперативно переносить данные опробования, а также наглядно распределять и оценивать качественные показатели полезного ископаемого в пространстве.

После создания базы данных, несущей в себе информацию о различных показателях свойств с пространственной привязкой, и каркасного моделирования разрывных нарушений по соответствующим стрингам производилось построение цифровой модели поверхности. Полученные результаты моделирования возможно использовать при проектировании дегазационных работ на действующих угольных шахтах с целью заблаговременного извлечения метана из угольных пластов и могут быть применены при разработке методических рекомендаций по выбору мест заложения скважин для извлечения метана из угольных пластов. Также перспективным направлением дальнейших исследований является оценка эффективности использования метана угольных пластов с целью решения актуальных экологических и экономических проблем Кузбасса.

Ключевые слова

Горно-геологические информационные системы, Micromine Origin, каркасное моделирование, база данных, цифровая модель поверхности.

Источники финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-03-2021 138/3).

Теория

Угольная промышленность, несмотря на конкуренцию с нефтяной и газовой отраслями, остается конкурентноспособной и, несомненно, играет важную роль в становлении экономики угледобывающих стран. Крупнейшим индустриальным и промышленно развитым регионом России, имеющим интенсивную сырьевую специализацию, является Кузбасс. По итогам 2021 года добыча угля в России составила примерно 435 млн т, из которых более половины добыли кузбасские угольные

предприятия. Объем угледобычи в Кузнецком угольном бассейне за прошедший год составил чуть более 220 млн т [2], что почти на 10% меньше показателей 2021 года. Однако, неоднозначная динамика стоимости энергетического угля за тонну трех мировых фьючерсов с актуальными данными за период с 2021 года, представленная на рисунке 1, свидетельствуют о возросшем спросе на мировом рынке [7].

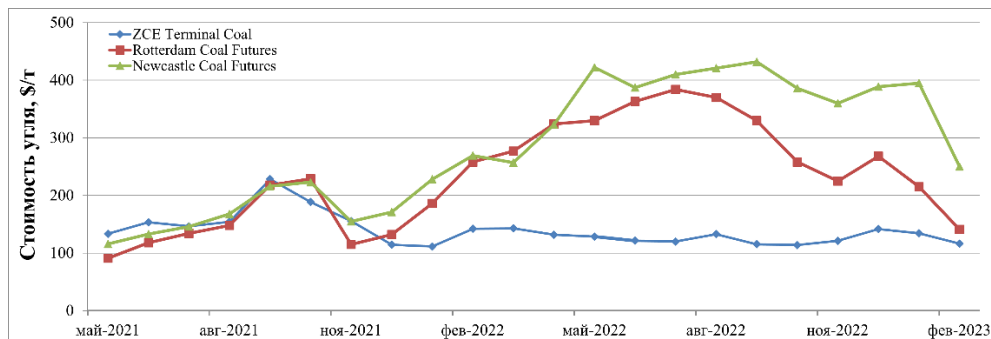


Рисунок 13. Актуальная стоимость и прогнозы мировых цен на энергетический уголь [7].

Из данных, представленных на графике, следует, что к концу 2021 начался активный рост цен у Rotterdam и Newcastle Coal Futures, что обусловлено отменой антиковидных ограничений в мире и повышением спроса на энергетические носители. Тем не менее, в Китае вплоть до января текущего года были введены карантинные меры, которые приводили к сокращению производства в стране и отражались в постоянной стоимости угля. Вследствие обострения энергетического кризиса в мире в первой половине 2022 года отмечается резкий скачок цен на уголь. В настоящее время на мировых рынках отмечается постепенный спад стоимости угля, однако несмотря на это угледобывающая промышленность сохраняет свое значение в мировой экономике. Таким образом, возросший спрос на мировом рынке, а также увеличение темпов угледобычи ставят перед геологической службой большие задачи по достоверной оценке сырьевой базы и надежности прогнозов [4].

С целью повышения производительности и безопасности ведения горных работ горнодобывающего предприятия необходима цифровая трансформация производства. В настоящее время специалисты проектных и горнодобывающих предприятий активно используют в своей работе математическое трехмерное моделирование, создавая в специальных геоинформационных системах объекты со сплошной оболочкой (каркасные и блочные модели) с возможностью использования их для оценки и подсчета запасов, проектирования параметров горных выработок и оптимизации планирования горных работ предприятия. Поэтому актуальным и эффективным методом оперативной и качественной обработки геологической информации и прогнозирования горно-геологических процессов на обрабатываемых угольных месторождениях Кузбасса является моделирование геологической среды с применением горно-геологических информационных систем (ГГИС) [5].

Целью данной работы является определение особенностей трехмерного моделирования южной части Тутуяской площади Кузбасса в ГГИС Micromine Origin для последующей разработки мероприятий по заблаговременной дегазации угольных пластов на действующих шахтах, граничащих с площадью. В данной статье приведены результаты первого этапа моделирования южного участка Тутуяской площади

Кузбасса, основными задачами которого являлись создание базы данных скважин, построение цифровой модели поверхности (ЦМП) и создание каркасных моделей дизъюнктивных геологических нарушений.

Южный участок Тутуянской площади является наиболее изученным, поскольку он примыкает к активно осваиваемым угольной промышленностью Распадскому и Ольжерасскому месторождениям. Основная газоносность и угленосность участка Южный связана с продуктивными пермскими отложениями ускатской, ленинской и грамотеинской свит [6].

Для создания единого информационного пространства данных, получаемых в процессе работы предприятия, в сегменте угледобычи широко применяется математическое моделирование, направленное на сокращение времени по обработке информации и построению геологической модели месторождения. В свою очередь, базы данных используются для выявления и дальнейшего оконтуривания месторождений полезных ископаемых и уточнения геометризации месторождения [3].

После создания базы данных Тутуянской площади, содержащей в себе файлы устьев скважин, опробования и инклинометрии, следующей важной задачей математического моделирования являлось построение сплошной поверхности – каркаса, который будет служить ограничителем. Для построения ЦМП предварительно потребовалось оконтурить изолинии земной поверхности с использованием растрового изображения топографического плана Тутуянской площади Кузбасса. На основании импортированных данных из трёхмерной системы автоматизированного проектирования и черчения была построена ЦМП южного участка путем соединения стрингов методом триангуляции (рисунок 2). Орографически участок представляет собой интенсивно расчлененную эрозионно-денудационную равнину, переходящую к югу и востоку в предгорья Кузнецкого Алатау и Горной Шории. Минимальные абсолютные отметки (220–240 м) приурочены к долинам рек Чебалсу и Ольжерас, а также их притокам, при этом высоты основных водоразделов колеблются от 500 до 650 м. Таким образом, перепад высот на южном участке составляет более 400 м.

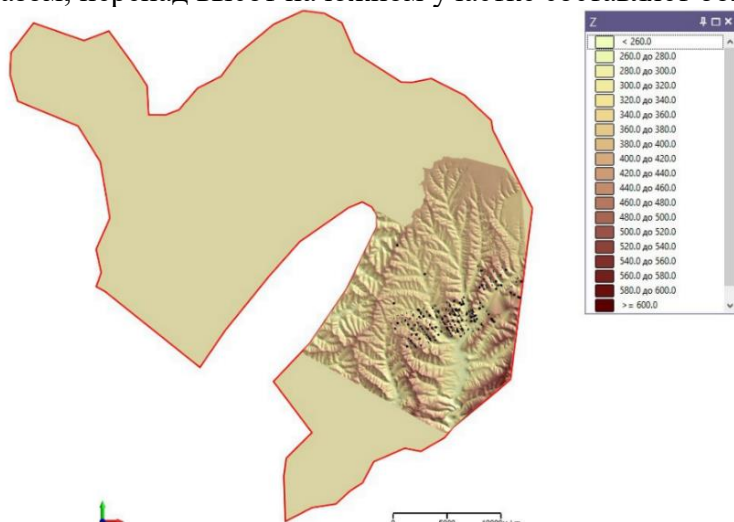


Рисунок 14. ЦМП южного участка Тутуянской площади с трехмерным цветовым кодированием по атрибуту высотных отметок поверхности.

С целью дальнейшего оконтуривания разрывных нарушений и построения их каркасных моделей требовалось привязать растровые изображения разведочных линий по известным координатам скважин. Затем был создан файл разрезов для оперативного перемещения в плоскостях и построения плоскостей дизъюнктивов в массиве горных пород, вмещающих угольные пласты (рисунок 3).

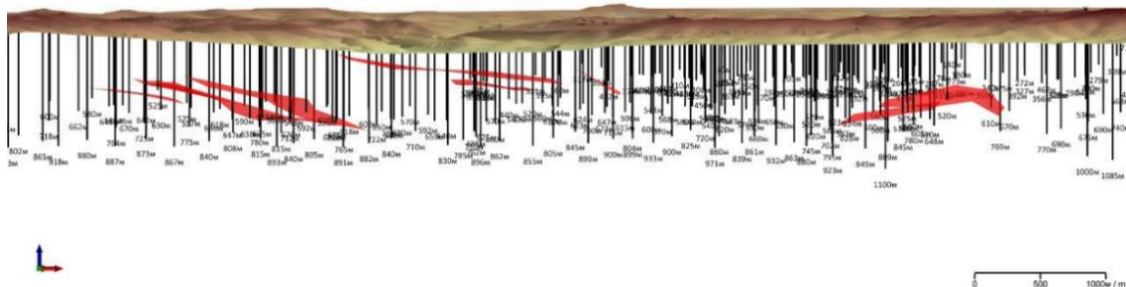


Рисунок 15. Визуализация траекторий скважин, ЦМП и дизъюнктивных нарушений.

Выводы

Таким образом, учитывая современные требования нормативных документов к ведению документации на опасных производственных объектах, разработка геомеханической модели является актуальной, необходимой и востребованной задачей. В данной работе был выполнен первый этап трехмерного моделирования южной части Тутуяской площади Кузбасса и подготовлены исходные данные для следующего этапа моделирования – для каркасного моделирования угольного пласта 6-ба методом классического оконтуривания по построенным разрезам и соединения этих контуров в триангуляционные модели объемов [1]. Каркасное моделирование южного участка Тутуяской площади Кузбасса позволит в дальнейшем построить трехмерную геомеханическую модель, которая будет служить основой для проектирования дегазационных скважин.

Библиография

1. *Бесперстов А. С.* Моделирование пластовых месторождений при помощи ГГИС Micromine // Горная Промышленность. 2011. Т. 99. № 5. С. 86–88.
2. Информационное агентство «РЖД партнер» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rzd-partner.ru/> (дата обращения: 10.02.2023).
3. *Курбатова В. В., Михайленко Г. Г., Перепелкин М. А., Ломакина Н. Е.* Геометризация МПИ в программной среде в Micromine на примере Наталкинского золоторудного месторождения // Вектор ГеоНаук. 2020. Т.3. №2. С. 17-23. DOI: 10.24411/2619-0761-2020-10014.
4. *Ненашева Р. И.* Горно-геологические условия при разработке угольных пластов Кузбасса. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2012. 371 с.
5. *Смирнова А. Д., Михайлова Т. В.* Актуальность цифровой трансформации угледобывающей промышленности Кузбасса // Сборник материалов XIV Всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая". Кемерово: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», 2022, С. 10206.1–10206.4.

6. Смирнова А. Д., Шевцов А. Г., Чэнь Ш. Анализ распределения проницаемости угольных пластов южной части Тутуяесской площади Кузбасса // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т.14. № 4. С. 657–665. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-4-657-665.
7. Investing. Com-Stock Market Quotes & Financial News [Электронный ресурс]. URL: <https://www.investing.com/> (дата обращения: 10.02.2023).

Прогнозирование кимберлитовых трубок на Сьюльдюкарском месторождении. Соломахин К.В.* (solomahin.kv@gmail.com)

Аннотация

Мезозойские терригенные отложения в целом отличаются от подстилающих неизмененных терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя более низким уровнем излучения калия и возрастанием интенсивности излучения урана и тория, а также повышенными и нестабильными значениями магнитной восприимчивости и электропроводности. Граница залегания перекрывающих отложений и неизмененных пород нижнего палеозоя уверенно отбивается по резкой смене их геофизических параметров. Отложения нижнего палеозоя характеризуются увеличением вклада калия в общую радиоактивность пород, что, как правило, отражает количество глинистой составляющей в нижнепалеозойских породах. Показания каналов тория и урана остаются низкими, также практически фоновыми являются показания магнитной восприимчивости ($10\text{--}20 \times 10^{-5}$ ед. СИ) и электропроводности (10–15 мСм/м).

Ключевые слова

Алмаз, месторождения алмаза, структурные дефекты, алмазоносность, кимберлит.

Теория

В административном отношении исследуемая территория входит в состав Мирнинского района. В географическом отношении исследуемая территория располагается в юго-восточной части Среднесибирского плоскогорья, представляет собой пологохолмистую равнину, расчлененную долинами рек. Абсолютные отметки водоразделов колеблются в пределах 391,6 м, минимальная отметка -252,2 м – приурочена к руслу р. Сян. Относительные превышения достигает 130 м. Обнаженность района плохая. На плоских водоразделах широко развиты заболоченные участки.

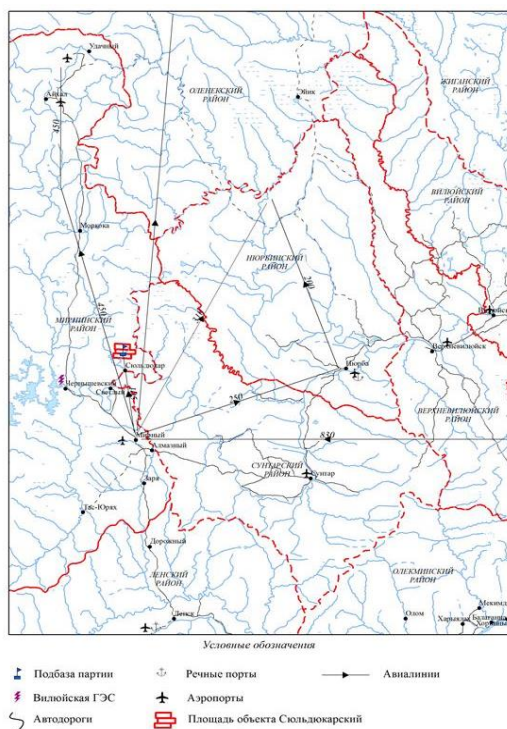


Рисунок 1.

Для проведения разведочных работ подобрали широкий комплекс методов геофизических исследований в скважинах (ГИС):

- Спектрометрический гамма-каротаж (СГК);
- Скважинная магниторазведка (СМ);
- Каротаж магнитной восприимчивости (КМВ);
- Индукционный каротаж (ИК);
- Гамма-гамма каротаж плотностной (ГГК-П);
- Кавернометрия (ДС);
- Инклинометрия (Инкл).

Применение всех методов в комплексе позволит выяснить природу и дать оценку перспективности геофизических аномалий, расчленив

разрез нижнепалеозойских отложений скважин на геофизические пласты и проследить их распределение по площади участков. В свою очередь при выполнении такого набора методов будет получено достаточно объективные данные для построения геолого-геофизических разрезов и структурных схем по различным горизонтам, с целью определения величины относительного эрозионного среза нижнепалеозойских отложений, вскрытых скважинами, выявления поисково-тектонических нарушений, определения их типа и амплитуды. Сопоставление разрезов скважин, выявление зависимостей изменения физических свойств пород по всей изучаемой площади дадут возможность установить общие закономерности распространения литологических и стратиграфических образований, благоприятных для рудопроявления и, по возможности, выделить наиболее перспективные локальные участки поисковых работ.

Регистрация изменений геофизических параметров (радиоактивности, магнитной восприимчивости, электропроводимости и плотности) высокочувствительными приборами комплекса ГИС по разрезам скважин позволит получить информацию о физических характеристиках горных пород в их естественном залегании.

Возможность уточнения стратиграфии разрезов скважин по геофизическим данным основана на достаточно резких различиях в физических свойствах пород разного возраста и литологического состава. Наибольшие изменения характерны для естественной гамма-активности, магнитной восприимчивости и электропроводности. Пример литологостратиграфического разделения разреза скважины по комплексу геофизических исследований приведен на рисунке 2.

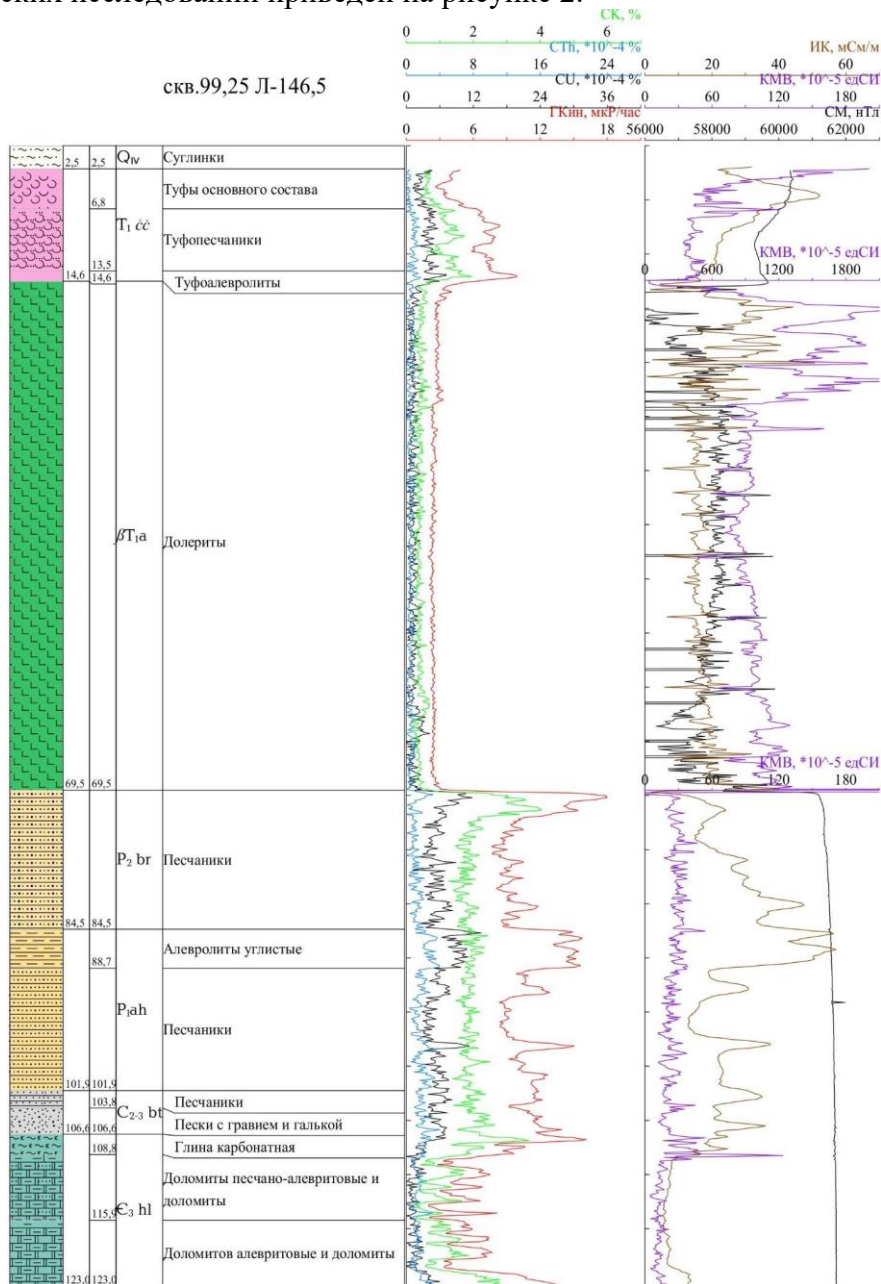


Рисунок 2. Пример литолого-стратиграфического разделения пород по комплексу ГИС

Выводы

В процессе проведения оперативной интерпретации материалов ГИС одной из основных задач является выявление в отложениях нижнего палеозоя интервалов пород с физическими параметрами соответствующим характеристикам кимберлитов. На диаграммах СГК кимберлиты трубки «Т54/14» отмечаются аномально высокими (по отношению к вмещающим породам) значениями тория и урана, при снижении показаний калия, а также повышенной магнитной восприимчивостью (до 2400×10^{-5} ед. СИ). Особенно важна возможность выделения методами каротажных исследований в разрезах скважин маломощных кимберлитовых жил, пропластков. Вероятность пропуска таких интервалов при документации керна достаточно высокая, вследствие его разрушения в процессе бурения, неполного выхода, трудностей детального изучения при существующих климатических условиях проведения геологоразведочных работ. Получаемая же при проведении ГИС непрерывная запись комплекса методов, дает возможность выявить в разрезах скважин кимберлиты по их индивидуальным геофизическим характеристикам в том числе и маломощные интервалы (при благоприятных условиях от 0.4-0.6 м) с довольно высокой степенью достоверности.

Библиография

1. Регламент по технологии проведения ГИС 2001 г.
<https://docs.cntd.ru/document/1200056065>
2. Электрические и магнитные методы исследования скважин / Дахнов В.Н. / Геология нефти и газа / 1981 г., 344 стр.
3. Геофизические методы исследования скважин / Комаров С.Г. / Москва, 1973 г., 368 с.
4. Кимберлиты. Справочник / Ваганов В.И., Илупин И.П., Прокопчук Б.И. / Москва, 1990 г., 248 стр.

Физико-геологическая модель Шхиперского золоторудного месторождения по материалам полевых работ. Сосна Е.М.* (МГРИ, egorososna@yandex.ru),

Аннотация

В статье предоставляется информация по составлению интерпретационной физико-геологической модели при изучении перспективных в отношении золото-сульфидно-вкрапленного и золото-кварцевого оруденения потенциально рудных гидротермально-метасоматических образований по материалам полевых работ. На основании проведенных исследований, было выявлено, что рудные залежи золота связаны с развитием зон сульфидизации, кварцевого и сульфидно-кварцевого прожилкования. Эти зоны формируют единый рудный штокверк, объединяющий в себе прожилковые и прожилково-вкрапленные типы минерализации, с различными структурно-морфологическими особенностями, которые наглядно разделены на интерпретационном разрезе. В заключении работы приводятся выводы о строении исследуемого объекта.

Ключевые слова

Физико-геологическая модель, золото, электроразведка, структурно-морфологические особенности.

Теория

Целевым назначением поисковых работ являлось выявление золото-сульфидно-кварцевых и золото-кварцевых руд в гранитоидных штоках и вмещающих вулканогенно-терригенных породах Шхиперского рудного узла. Построение интерпретационной модели по результатам геофизических, геологических, геохимических работ.

Основными методами решения поставленных задач являлись: сбор, анализ, обобщение и комплексная интерпретация геологической, геофизической, геохимической информации по району работ.

Геологическое изучение района работ началось в 1941 году [2], Верхне-Янской партией были проведены геолого-рекогносцировочные работы масштаба 1:500 000. Впервые были выделены верхнетриасовые отложения и эффузивные образования, а также доказана золотоносность и оловоносность ручья Контактного. В аллювии ручья Контактного в одной шлиховой пробе из 30 выявлен знак золота.

В пределах участка Контактный (нижнее течение ручья Контактный) установлены развалы двух кальцитовых жил субширотного простирания, мощностью до 0,8 м, с содержаниями золота до 0,5 г/т.

В правом борту долины ручья Контактного среди гранит-порфиров отмечены участки метасоматически измененных пород. Среди окварцованных гранит-порфиров зафиксированы жилообразные тела, сложенные мелкозернистым и скрытокристаллическим кварцем, содержащим мелкую вкрапленность пирита и

арсенопирита. Жилообразные тела субширотного простирания, мощность до 2 м. По данным опробования установлены содержания золота до 0,1 г/т и следы серебра.

В 2002-2006 гг. при работах по оценке золоторудных месторождений в гранитоидах на территории Магаданской области [3], в пределах Шхиперского узла был проведен комплекс работ с целью выявления здесь оруденения золото-редкометалльного типа, связанного с гранитоидами. В результате работ установлено, что ареалы распространения жильно-прожилковых зон сопровождаются мощнейшими зонами сульфидизации, наложенными на триасово-юрские осадочные породы. Проведена авторская оценка прогнозных ресурсов штока Контактный. В качестве потенциально рудоносного объекта рассматривались зоны штокверкового прожилкования, локализованные в метасоматически измененных гранит-порфирах. Параметры распространения их весьма значительны; ареал распространения штокверковой минерализации составляет не менее 800×1200 м и вытянут в субмеридиональном направлении, наиболее интенсивное прожилкование приурочено к центральной части купольной структуры, совпадая с участком максимального метасоматического преобразования пород, имеющим размер 650×700 м. К этой площади приурочены практически все пробы с повышенным содержанием золота, достигающие 5,9 г/т. Насыщенность прожилками метасоматически измененных гранит-порфиров неравномерная, выделяются участки сгущения прожилков, имеющие значительные размеры до 20 м.

В геологическом строении Шхиперской площади участвуют морские терригенные отложения верхнепермского возраста Тенькинской подзоны Аян-Юрхской структурно-фациальной зоны Охотско-Кулинской провинции Верхояно-Охотской структурно-фациальной области, триасового возраста Яно-Охотской структурно-фациальной зоны Бохапчино-Вилигинской области, нижне- и среднеюрского возраста Янской подзоны Яно-Малтанской зоны Яно-Вилигинской структурно-фациальной области. В северо-восточной и южной частях территории развиты меловые континентальные вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования.

Магматическая деятельность в районе исследований проявилась в образовании мелких штоков, даек, субвулканов, некков, покровов и различных гидротермальных проявлений, связанных с позднемеловым магматизмом. На изученной территории в различной степени распространены образования контактового (термального) метаморфизма, выделяются динамометаморфические, а также метасоматические образования.

Наземные геофизические работы проводились в горной местности с крутизной склонов до 30° покрытых крупно глыбовыми образованиями и осыпями, что соответствует V категории трудности для электроразведочных работ. Все геофизические исследования выполнялись согласно требованиям действующих инструкций и методических указаний по производству электроразведочных работ [1].

В 2020-2022 гг. для установления рудоконтролирующих элементов разреза, изучения разреза рудовмещающих структур до глубин 150-200 м проводились профильные электроразведочные работы методом ВЭЗ-ВП по методике электротомографии.

Работы проводились по схеме многоразносного трехэлектродного профилирования с использованием методики электротомографии. Основной особенностью такого рода измерений является достаточно частый шаг по профилю, линейное возрастание расстояний на разносах, соответствие точек наблюдения точкам расположения питающих электродов, кратность арифметического шага разносов расстоянию между точками измерения на профиле [4].

Расстояние между точками зондирования составит 20 метров, шаг по профилю приемного диполя MN – 20-40 м, длина MN = 20-40 м. Максимальный отход от питающего электрода АО ~ 500 м. Масштаб съёмки 1:10 000.

По результатам измерений в процессе обработки сигналов вычисляются параметры удельного электрического сопротивления и поляризуемости, строятся разрезы.

На основании всех работ рудные пересечения золота приурочены к участкам развития зон сульфидизации, кварцевого и сульфидно-кварцевого прожилкования, которые формируют единый рудный штокверк, сочетающий в себе прожилковый и прожилково-вкрапленный структурно-морфологические типы минерализации. Интерпретационный разрез представлен на рисунке 1.

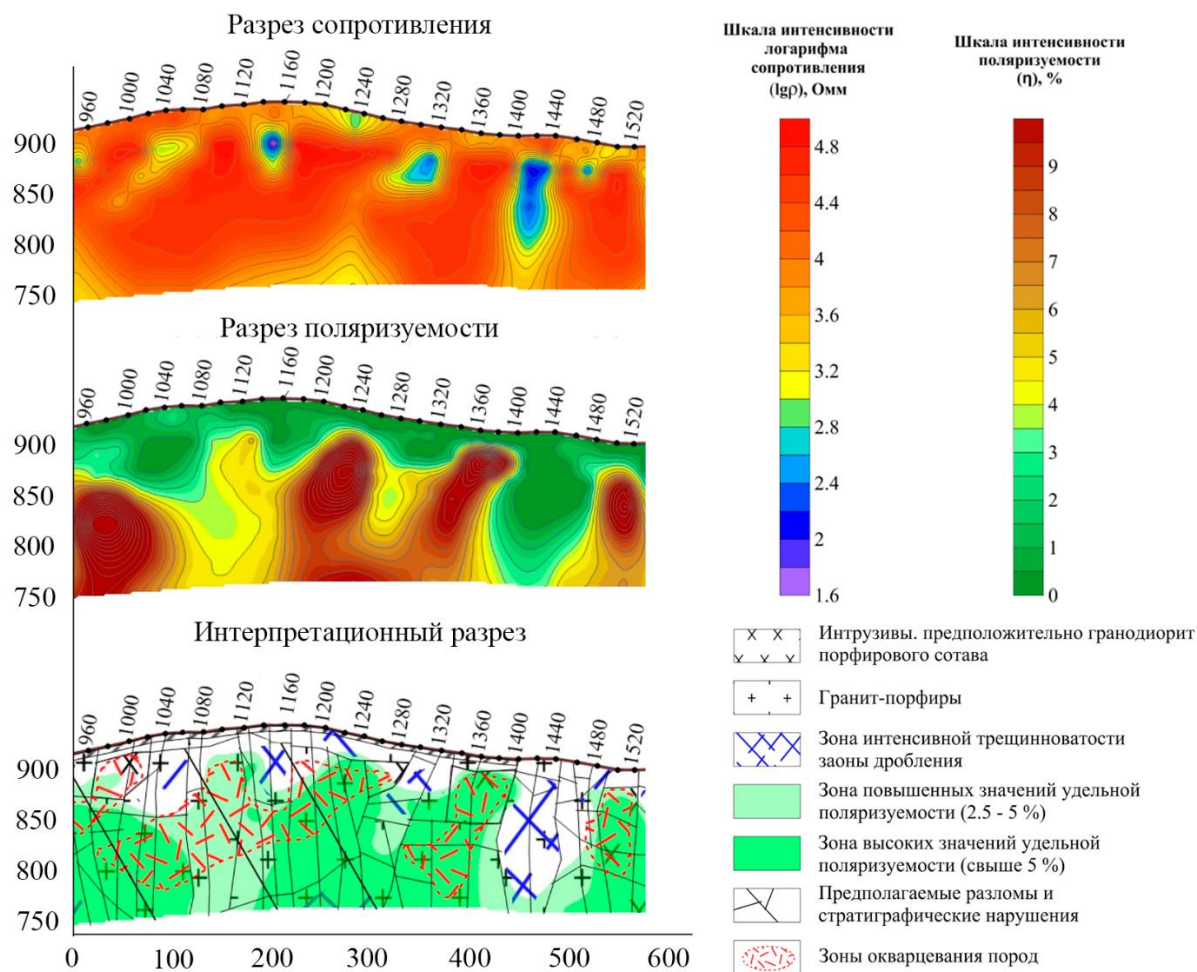


Рисунок 1. Интерпретационный разрез участка Контактный Шхиперского золоторудного месторождения.

Петрофизическая дифференциация пород по электрическим свойствам даёт положительный результат в определении пространственных границ размещения рудных тел.

Геоэлектрические поля разрезов имеют следующие особенности - основная мощность геоэлектрического разреза представлена высокоомными аномалиями, большую часть этих аномалий можно отнести к гранит-порфирирам. Часть аномалий повышенного сопротивления представляют из себя тела диоритов и кварцевых диоритов. Сопротивление пород сильно зависит от степени вторичных изменений и трещиноватости. Низкоомные аномалии соответствуют зонам сильной трещиноватости и зонам дробления. Повышение поляризуемости связано со степенью вторичных изменений пород, а также приурочено к контактовым зонам, зонами окварцевания и разломам.

Выводы

Оруденение золото-порфировой формаций Шхиперского узла пространственно и генетически связано с широко распространенными в ореолах метасоматоза прожилково-вкрапленными и прожилковыми зонами, которые контролирует Аткано-Янская зона разломов глубокого заложения. Ореолы метасоматически измененных пород накладываются на породы слагающие штук Контактный, осадочные породы триаса, юры и верхнемеловые эффузивы.

Золотоносная зона приурочена к тектонической линзе представленной метасоматически измененными полевошпат-кварцевыми гранит-порфирами и линзообразному телу эруптивных брекчий. Выделение участков развития значимых концентраций золота в рудные пересечения возможно только по результатам аналитических исследований.

Библиография

1. Инструкция по электроразведке, М., 1984 г.
2. Михайлов А.Ф. Отчет о работе Верхне-Янской геолого-рекогносцировочной партии масштаба 1:500 000. пос. Усть-Омчуг, 1941 г.
3. Сидоров В.А. Прогнозно-поисковые работы по оценке золоторудных месторождений в гранитоидах на территории Магаданской области (Детринская площадь) в 2002-2006 гг. ОАО «Магадангеология». Магадан, 2006г.
4. Хасанов И.М., Прейс В.К., Муравьев Л.А., Терновский В.А. «Перспективы применения геофизических методов при поисках и разведке золотых россыпей в Магаданской области», Журнал - Уральский геофизический вестник, 2015, 1(25), стр. 62-67.

Сейсморазведочные работы в районе Бузулукской впадины. Страхова Е.П.
(МГРИ, blog.for.katya@gmail.com)*

Аннотация

Бузулукская впадина, крупный тектонический элемент первого порядка, расположенный на юго-востоке Самарской области.

Территории участков изучена различными геологическими и геофизическими методами неравномерно по площади и глубинности исследования.

Обработка выполнялась по графу, который условно можно разделить на 4 крупных этапа: учет верхней части разреза (ВЧР) и расчет априорных статических поправок, цифровая обработка данных, построение глубинно-скоростной модели и миграция до суммирования, динамическая обработка.

Ключевые слова

Бузулукская впадина, сейсморазведка, обработка данных

Теория

Представления о структуре поверхности фундамента в районе Бузулукской впадины, строении протерозойских и палеозойских отложений получены по данным региональных и площадных геофизических исследований, глубокого бурения и материалам обобщающих тематических работ.

Кристаллический фундамент сложен в основном гнейсами и гранито-гнейсами различного состава [3]. В верхней части докембрийских кристаллических пород обычно развита кора выветривания мощностью до 20 м, представленная выветрелыми гнейсами [2].

В пределах территории исследований промышленные залежи нефти и газа приурочены к девонским, каменноугольным и пермским отложениям. В них выделяется 8 нефтегазоносных комплексов [1].

На территориях, где расположены площади, был выполнен широкий комплекс региональных исследований, а также были проведены детальные работы, направленные на выявление локальных структур и подготовку площадей к поисково-разведочному бурению.

По результатам геологической съемки были охарактеризованы отложения самой верхней части разреза перми, триаса, юрской и меловой систем, а по данным геофизических исследований были определены основные черты тектоники и установлены перспективные зоны на поиски положительных структур в отложениях перми, карбона и девона.

Территории участков изучена различными геологическими и геофизическими методами неравномерно по площади и глубинности исследования.

Средняя плотность изученности сейсморазведкой на 35 объектах с кратностью наблюдений более 12 превышает 2,0 пог.км/км². И в то же время на некоторых частях участков не превышает 0,1 пог.км/км². В основном это зоны расположения населенных пунктов. Всего набирается 1168 км² (или 39% от всей территории района работ).

Глубокое бурение в пределах исследуемых территорий начало проводится с 1948 г. Изучались, в основном, каменноугольные и девонские отложения. Весьма высокой плотностью бурения характеризуется верхневизейско-нижнебашкирский, верхнебашкирско-нижнемосковский комплексы.

По методикам полевых работ рекомендации касаются особенностей выбора технических средств, систем наблюдений на профилях и выбора методов геофизических исследований. Эти задачи решаются в процессе проектировании работ, исходя из целей исследования, территории работ и априорной информации об особенностях строения среды для изучаемого участка. Данные имеются по двум методикам:

- опытно-методические работы - по фланговой встречной системе;
- производственные работы – по центрально-симметричной системе.

В целом система контроля качества полевых материалов практически не зависит от типа используемой сейсморегистрирующей системы.

Основная часть обработки выполнена в системе Prime, расчет параметров ВЧР производился в пакете SeisCont, а в пакетах Integran – постобработка, частично, интерпретация и оформление результатов, в ПАРМ – акустическая инверсия.

Обработка выполнялась по графу, который условно можно разделить на 4 крупных этапа: учет верхней части разреза (ВЧР) и расчет априорных статических поправок, цифровая обработка данных, построение глубинно-скоростной модели и миграция до суммирования, динамическая обработка.

Выбор процедур и определение оптимальных параметров обработки выполнялся по нескольким тестовым профилям, на которых оценивался эффект применения той или иной процедуры. Полный граф обработки представляет следующую последовательность процедур:

1. Расчет параметров ВЧР, пакет SeisCont (ввод полевых данных, геометризация данных, визуальный контроль сейсмограмм ОПВ (ОПП) на предмет наличия бракованных трасс и ошибок в присвоении геометрии, исправление ошибок в геометрии, построение модели ВЧР, расчет априорных поправок);

2. Цифровая обработка, пакет Prime (подготовка данных (ввод полевых данных в пакет Prime, отбраковка некондиционных ПП, бинирование с учетом принятой линии ОСТ, ввод априорных статических поправок), корректирующая фильтрация (отбраковка трасс (нулевых, шумящих), редакция высокоамплитудных выбросов, сигнатурная деконволюция, восстановление амплитуд за пространственное расхождение, поверхностно-согласованная коррекция амплитуд, подавление помех медианными фильтрами, подавление линейных волн-помех), коррекция статических поправок и оценка скоростей ОГТ (оценка скоростей ОГТ, расчет высокочастотных статических поправок, уточнение модели суммирования) подавление помех (моделирование и вычитание кратных волн, деконволюция сжатия, подавление остаточных помех на сейсмограммах ОГТ, поверхностно-согласованная коррекция амплитуд);

3. Построение ГСМ и миграция до суммирования, пакет Prime (построение пластовой ГСМ путём итеративного уточнения значений интервальных скоростей по технологии кинематико-динамических преобразований, глубинная миграция Кирхгофа до суммирования, обработка мигрированных сейсмограмм (СІG), обработка мигрированного разреза, конвертация разрезов в формат SEGҮ и выгрузка);

4. Динамическая обработка (расчет ЭКО-разрезов, получение разрезов акустического импеданса, AVO/AVA анализ, пересчет результатов в масштаб глубин).

Обработка и интерпретация полученных с применением процедур, ориентированных на повышение разрешающей способности сейсмических материалов МОГТ-2Д с сохранением амплитуд [4].

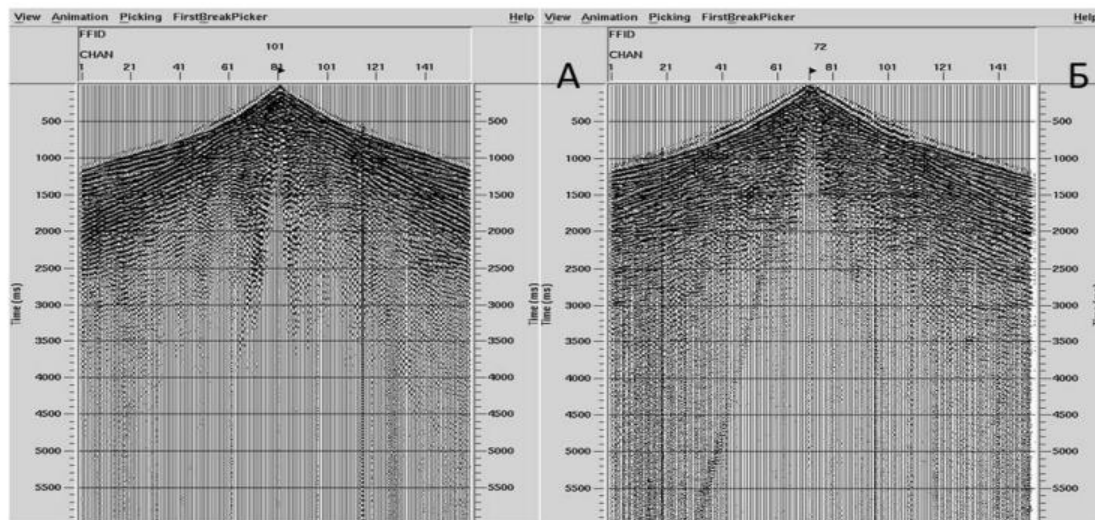


Рисунок 1. Полевые сейсмограммы.

Выводы

На территориях исследований нет масштабных (площадных) работ по прогнозированию на основе данных сейсморазведки литологического состава осадочных толщ, прогнозированию коллекторских свойств продуктивных отложений, прогнозу зон трещиноватости и, непосредственно, по прямому прогнозу для тех или иных типов ловушек УВ.

Территория участков вследствие неравномерной плотности геофизических исследований изучена в недостаточной степени. Нет достоверной информации о расположении нефтегазоперспективных объектов.

Библиография

1. Носов М.А., Галкин В.И., Кривощёков С.Н., Мелкишев О.А. – Отложения доманикового типа – возможный источник нетрадиционных углеводородов для Пермского края: обзор, перспективы, рекомендации. – «Нефтяное хозяйство», №10, 2012.
2. Обрядчиков О.С. Гипотеза образования Камско-Кинельской системы некомпенсированных прогибов и особенности геологического строения западного и северного обрамления Прикаспийской впадины. - Тр. ОНГК, вып.4 «Каспийский регион: геологическое строение и нефтегазоносность. /На основе Второй Международной геологической конференции «АтырауГео-2013», Атырау, апрель 2013 года. – Алматы, «Color Media», 2014,
3. Обрядчиков О.С., Таскинбаев К.М. Южная и Северная Эмба: основные черты строения, нефтегазоносности и перспективы нефтегазоперспективных работ.

- /«Прикаспийская впадина: актуальные проблемы геологии и нефтегазоносности». Труды ОНГК. Вып.1. (На базе докладов Первой Международной геологической конференции «АТЫРАУ ГЕО-2011»). Под ред.: Б.М. Куандыкова, К.М. Таскинбаева, М.С. Трохименко. – Атырау, 2012.
4. Фред. Дж. Хилтерман «Интерпретация амплитуд в сейсморазведке». – Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2010.

Районирования территорий на однородные по гравитационному полю и его атрибутам области по Петрову А. В. в центральной части Вьетнама. Фан Т. Х.* (Горно-геологический университет, г.Ханой, phanthihong@humg.edu.vn), Петров А. В. (МГРИ, petrovstud@mail.ru), До М.Ф. (Вьетнамский геофизический отдел, dominhphuong.dkt@gmail.com).

Аннотация

Районирование исследуемой территории в центральной части Вьетнама с использованием классификационных алгоритмов осуществлялась по исходному гравитационного поля dG , ее полному градиенту и ее дисперсии (энергии) по Петрову А. В.

В результате были выделены 8 однородных по этим атрибутам областей. На территории имеется множество вытянутых изометрических блоков юго-западного и юго-восточного простирания с высокими значениями плотности, приуроченными северной, северо-западной и юго-восточной части.

Положение отдельных классов (4, 5) хорошо коррелируется с имеющейся информацией о проявлении на поверхности руд (золота, железа, меди, свинца, олова и вольфрама).

Ключевые слова

КОСКАД-3D, гравитационное поле, многомерный статистический анализ, центральная область Вьетнама.

Центральная область Вьетнама – это территория развития и пересечения крупных геологических образований, таких как зона шва Тамки - Фуоксон, структура Поко, Контумская антиклиналь, ограниченных разломами широтного и юго-западного направлений [7] на рисунке 1(а). Широкое распространение имеют древние метаморфические породы, прорванные и трансформированные магматическими образованиями, кислотного и основного состава, выходящей на поверхности. Такие геологические и тектонические условия благоприятны для образования эндогенных месторождений полезных ископаемых (золота, железа, меди, свинца, олова и вольфрама) [1], а определение геологических структур, связанных с эндогенным месторождений полезных ископаемых, является важной и приоритетной задачей на ближайшие годы.

Район исследования характеризуется достаточно сложным рельефом с высокогорными хребтами ($H > 700 м$), в основном меридионального простирания, образующими множество узких долин бурных рек на рисунке 1(б).

Аномальное гравитационное поле в редукции Буге на рисунке 1(в) с плотностью промежуточного поля $2.67 г/см^3$ и учетом рельефа местности по Prisivanco.L.N [4]. Точность оценки аномального гравитационного поля по всей площади исследования составила $0.1 ÷ 0.25 мГ$ [2].

Визуальный анализ аномального гравитационного поля позволяет выделить трендовую компоненту широтного простирания, с увеличением значений

гравитационного поля от -70 mG на северо-западе, до 10 mG на юго-востоке (рис.1.1б). Северо-западный участок характеризуется самыми низкими значениями аномального гравитационного поля со значениями от -70 mG до -40 mG, что отчасти связано с рельефом местности. На востоке и юго-востоке значения аномального поля изменяются от -30 mG до 10 mG и поле имеет меридиональное простираение.

В региональном плане в исходном поле выделяется несколько гетерогенных блоков со значениями поля, изменяющимися от -10 mG до 5 mG, сконцентрированных в северной, центральной и южной областях исследуемой площади. В юго-восточной части отмечаются положительные аномальные зоны амплитудой от -30 mG до -5 mG.

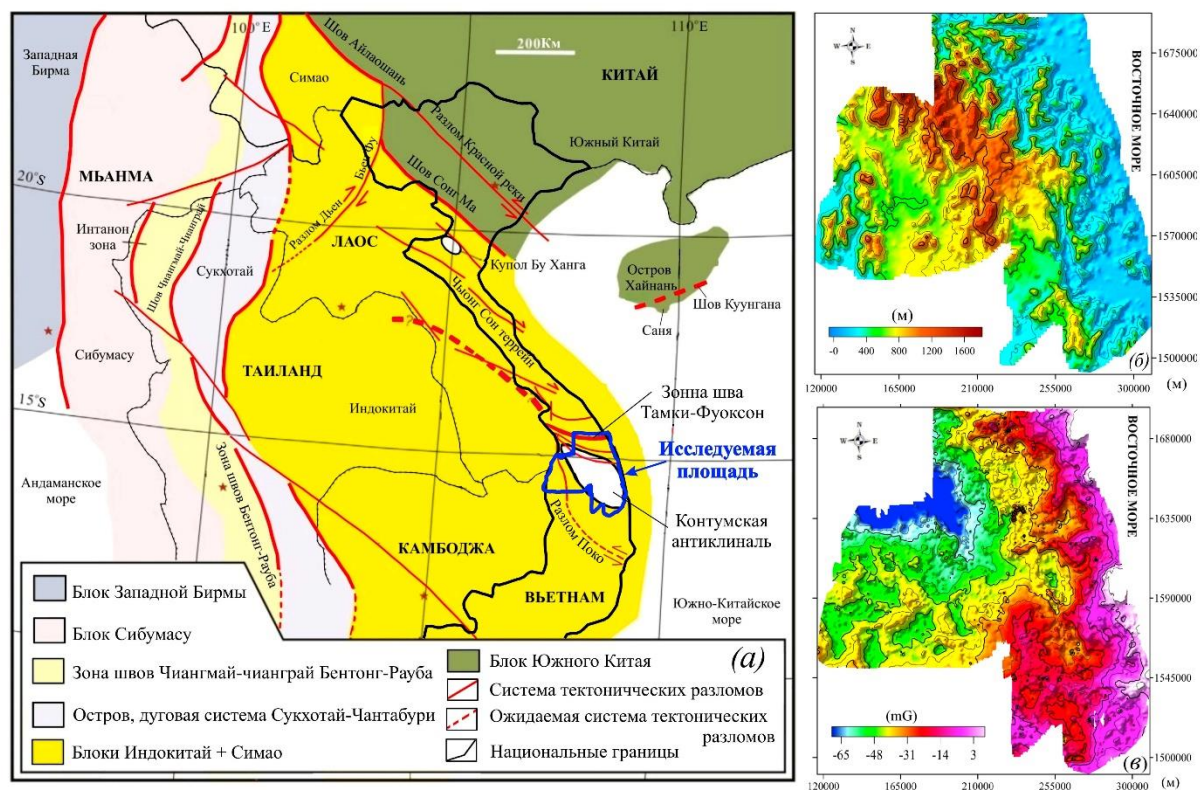


Рисунок 1. (а) - упрощенная, структурно-тектоническая карта Юго-Восточной Азии; (б)- карта рельефа исследуемого района в масштабе 1:200 000 и (в)- карта исходного аномального гравитационного поля dG в редукции Буге масштаба 1:100 000 в центральной части Вьетнама.

Теория

Районирование исследуемой территории в центральной части Вьетнама с использованием классификационных алгоритмов осуществлялась по исходному гравитационного поля dG , ее полному градиенту и ее дисперсии (энергии) по Петрову А. В. (разделения многомерных нормальных смесей) [3, 4, 5, 6].

Результаты оценки полного градиента и поле дисперсии (энергии) гравитационного поля dG приведены на рисунке 2(а) и 2(б) соответственно.

Максимальные значения поля дисперсии (энергии) на рисунке 2(б) как и максимумы поля полного градиента на рисунке 2(а) контролируют границы гравитационных разного простираения и размера. Характер поля дисперсии для разных компонент гравитационного поля коррелируется с изменчивостью поля полного

градиента. Это объясняется схожестью проявлений этих атрибутов геофизических полей, оконтуривающих аномальные образования.

Отметим, что полученные оценки полного градиента и поля дисперсии на разных компонентах полей хорошо согласуются и дополняют друг друга.

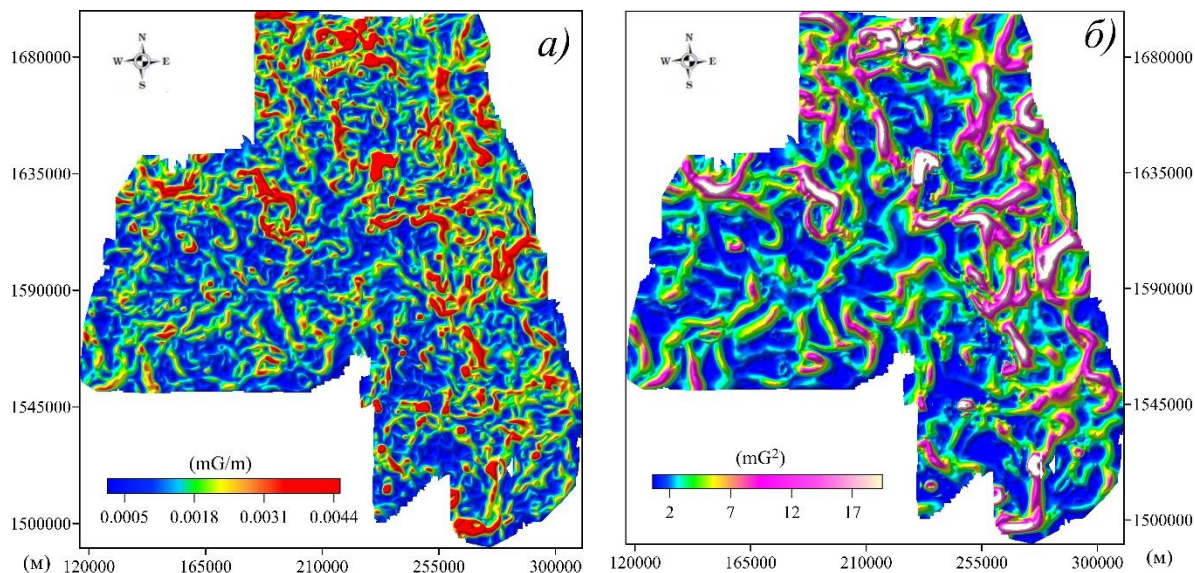


Рисунок 2. Результаты оценки полного градиента (а) и поле дисперсии (энергии) (б) гравитационного поля dG в центральной части Вьетнама.

Выводы

Результаты разбиения исследуемой территории на однородные по плотностным атрибутам области с использованием метода разделения многомерных нормальных смесей по **Петрову А. В.** приведены на рисунках 3(а) соответственно.

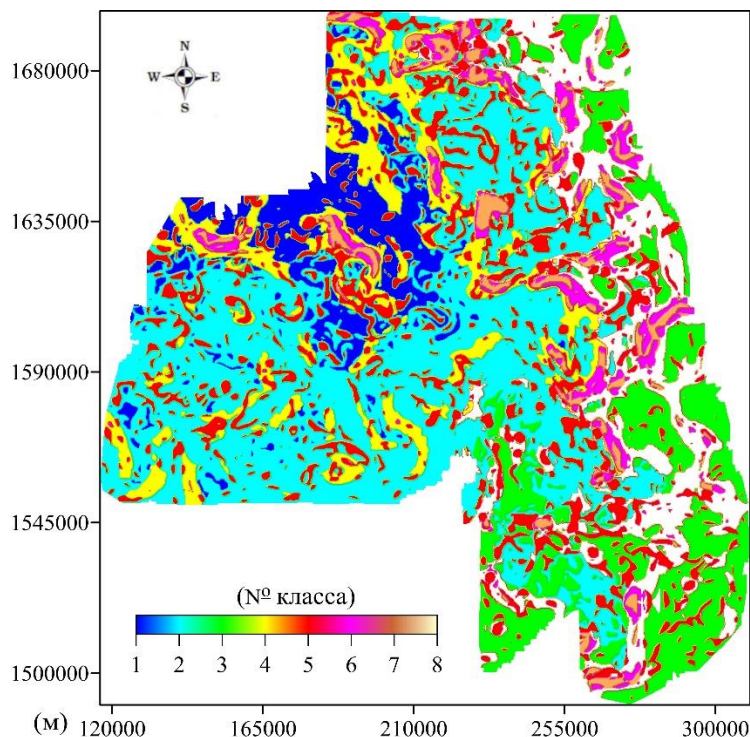


Рисунок 3. Результаты районирования территории по гравитационному полю dG (рис.1в), ее полному градиенту (рис.2а) и ее энергии (рис.2б) с использованием метода разделения многомерных нормальных смесей по Петрову А. В. в центральной части Вьетнама.

В результате были выделены 8 однородных по этим атрибутам областей. Результаты показали, что на территории имеется множество вытянутых изометрических блоков юго-западного и юго-восточного простирания с высокими значениями плотности, приуроченными северной, северо-западной и юго-восточной части.

Положение отдельных классов (4, 5) хорошо коррелируется с имеющейся информацией о проявлении на поверхности руд (золота, железа, меди, свинца, олова и вольфрама).

Результаты районирования также показали, что в восточной части есть однородные области вытянутые непрерывно с севера на юг (класс 5, 8). Возможно, что это гранитные или магматические интрузии прорывают осадочные образования.

В юго-западной части на региональном плане, представленным в основном вторым классом, разбросаны локальные области небольших размеров с высокой остаточной плотностью (класс 4, 5), которые могут быть неглубокие интрузивные магматические блоки.

Благодарности

Автора хотела бы поблагодарить научно-технический проект Ханойского университета горного дела и геологии Вьетнама в 2023 году, код T23-12.

Библиография

1. Министерство природных ресурсов и экологии. Циркуляр № 05/2011 / ТТ-ВТНМТ от 29 января 2011 года. Для: Создание технического регламента для метода гравитации на земле, Ханой, 2011. - 150с. во Вьетнаме.
2. Нгуен Ч. Л. и др. Измерение полета по гамма-спектру в масштабе 1: 50.000, и измерение гравитационного поля в масштабе 1:100 000 в центральном Вьетнаме. Федерация физики и геологи, Главное управление геологии и минералов Вьетнама, 2000. - 250 с. во Вьетнаме.
3. Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации. Учебное пособие, 2017. - Москва 127с.
4. Серкеров С.А. Корреляционные методы анализа в гравиразведке и магниторазведке. М.: недра, – 1986. 247 с.
5. Фан Т. Х, Петров А. В., До М.Ф. Геологическое районирование центральной части вьетнама по результатам интерпретационной обработки данных магниторазведки с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D». Разведка и охрана недр. - 2021. С 27-33.
6. <http://www.coscad3d.ru/index.php> Hai Thanh Tran, Khin Zaw, Jacqueline A. Halpin, Takayuki Manaka, Sebastien Meffre, Chun-Kit Lai, Youjin Lee, Hai Van Le, Sang Dinh. The Tam Ky- Phuoc Son shear zone in central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications. Gondwana Research 26. – 2014. pp 144 - 164.

Оценка ресурсной базы углеводородного сырья по результатам бассейнового моделирования и геофизическим исследованиям . Фомичёва А.С.* (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), foma.anya0512@gmail.com), Алтухов Е.Е. (МГРИ, aee@mgri.ru).

Аннотация

Принятие оптимальных и оперативных решений по состоянию ресурсной базы невозможно без систематизации уже имеющихся сведений и своевременного пополнения новыми данными проводимых геологоразведочных и геофизических работ.

Данная работа посвящена актуализации оценки ресурсной базы углеводородного сырья с учетом параметров насыщения и уточнения петрофизических свойств с использованием данных наземной геофизики и каротажа.

Ключевые слова

Актуализация ресурсной базы, моделирование, геофизические методы исследований скважин.

Теория

Объема лабораторных исследований керна и пластовых флюидов на шельфовых месторождениях не всегда достаточно для объективной оценки продуктивного разреза. Поэтому необходимо использовать информацию по близлежащим месторождениям, находящимся на суше.

Для оценки потенциала углеводородного сырья в пределах шельфовой зоны применялся метод бассейнового моделирования.

На начальном этапе используются геологические, стратиграфические и литологические данные изучаемого объекта, изучаются геохимические характеристики продуктивного слоя [1].

В процессе бурения разведочных скважин при работе с керном используются типовые связи, такие как оценка модальных значений разных фракций (Рисунок 1 (а)) и фильтрационно-емкостных свойств пород (Рисунок 1 (б)) [2].

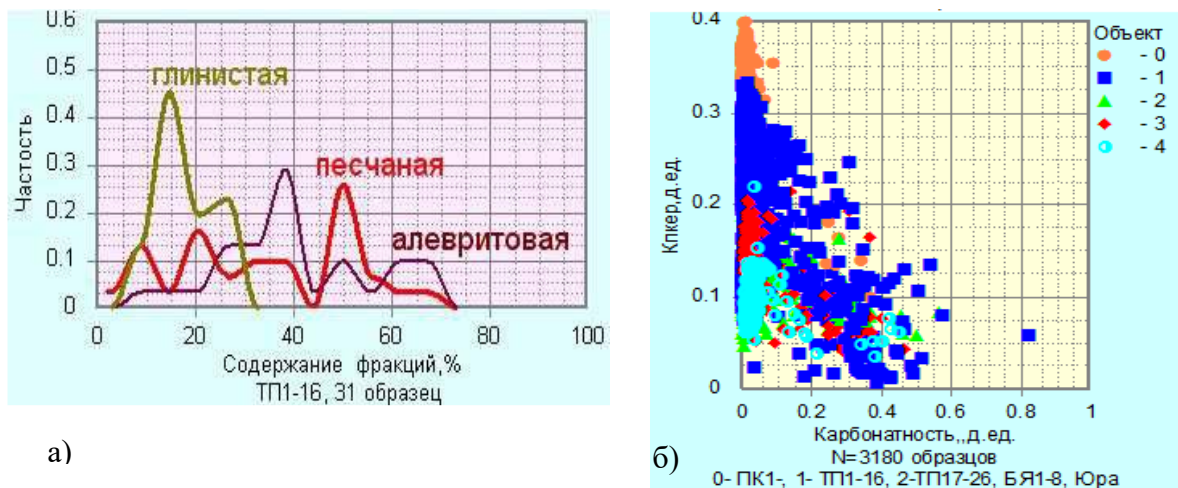


Рисунок 16. а) Распределение песчаной, алевритовой и глинистой фракций; б) Сопоставление пористости с карбонатностью пород.

Необходимо выполнить петрофизические исследования, которые позволят получить граничные значения насыщенных пластов, дифференцировать распределение коэффициентов пористости, проницаемости, остаточной водонасыщенности и позволят построить на их основе модель извлекаемых запасов.

Для того, чтобы оценить потенциальные запасы, используют данные геохимических исследований, позволяющих выделить газо- или конденсато-генерирующие отложения. Важно проводить анализ содержания, типа, степень преобразования и качества органического вещества. На основе этого строятся схемы распространения нефтегазоматеринских пород с различным содержанием концентрации Сорг (Рисунок 2). Однако дать количественную оценку генерационных свойств толщ сложно [3].

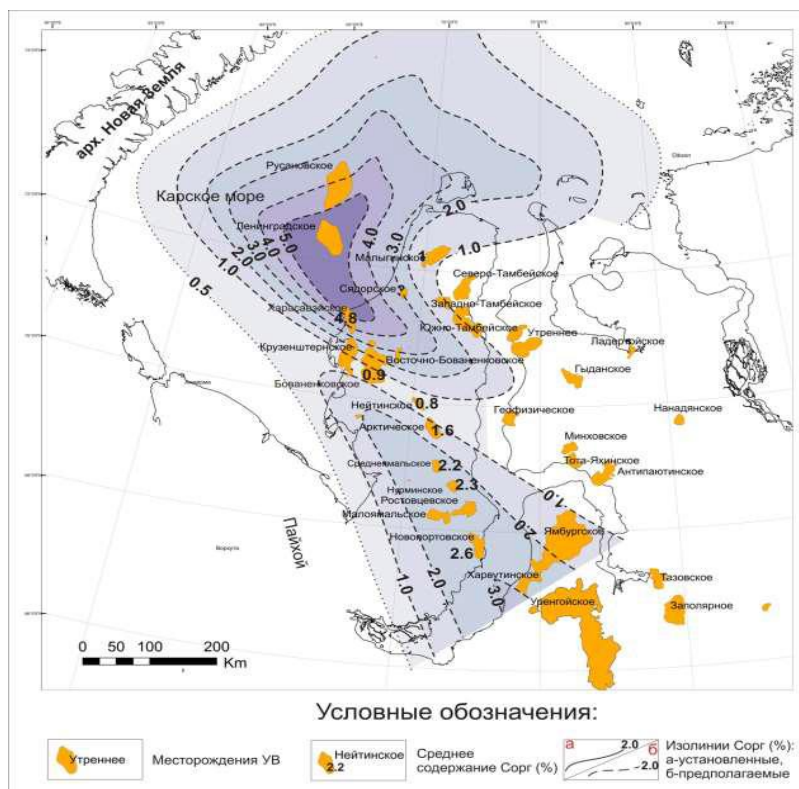


Рисунок 17. Схема распространение нефтегазоматеринских пород с различным содержанием Сорг.

Для проведения моделирования на региональном уровне необходимы данные сейсмического профилирования, скважинные данные, результаты геолого-геохимического анализа керна. На основе типовой карты изученности строится модель с заполненными свойствами.

Критерии для количественной оценки характера насыщенности коллекторов устанавливаются на основании анализа материалов ГИС и результатов испытания пластов. Ввиду точной привязки данных ГИС к керну решения задачи разделения пластов по характеру насыщения не вызывает большой сложности.

Существует два способа определения количественного критерия границ «коллектор-неколлектор». Первый – статический, определяющий критерий по результатам статической обработки разделения пластов по качественным признакам, второй – корреляционный, с оценкой граничных значений из сопоставления различных фильтрационно-емкостных и геофизических характеристик пород [4].

Выводы

Необходимо планировать работы для своевременного пополнения постоянно действующей модели новыми данными. Оценка перспективности района и возможности исполнения региональных проектов производится с учетом актуальной и перспективной ресурсной базы. Для оценки углеводородного потенциала необходимо комплексное использование результатов геологических работ, данных наземной и скважинной геофизики, анализа и интерпретации-переинтерпретации полученных материалов.

Библиография

1. Дзюбло А.Д., Сидоров В.В. Информационно-аналитические системы комплексной обработки данных как средство повышения эффективности геологоразведочных работ на континентальном шельфе //Газовая промышленность №1 2015. с. 79-82.
2. Керимов В.Ю., Сенин Б.В., Богоявленский В.И., Шилов Г.Я. Геология, поиски и разведка месторождений углеводородов на акваториях Мирового океана. М., Недра, 2016, 411 стр.
3. Оценка запасов и локализованных ресурсов углеводородного сырья по объектам Западно-Ямальского шельфа. ООО «Институт геотехнологий», М., 2007.
4. Семёнов Е.О. Отчет. Лабораторные исследования керна и пластовых флюидов (скважина №2, Крузенштернская) ООО «Газпром ВНИИГАЗ». М., 2017.

Применение компьютерной технологии «COSCAD 3D» с целью картирования перспективных зон для выявления золоторудных месторождений по данным наземной магнитной съемки. Докладчик Ханхарханова А.С.* (АК «АЛРОСА» (ПАО), KhankharkhanovaALS@alrosa.ru), соавтор Коваленко Н.И. (АК «АЛРОСА» (ПАО), KovalenkoNI@alrosa.ru), соавтор Афанасьев А.А. (АК «АЛРОСА» (ПАО), AfanasevAA@alrosa.ru)

Аннотация

В настоящее время актуальной задачей интерпретации геофизических данных является выявление новых способов формирования прогнозно-поисковых моделей локализации рудных объектов. При качественном выделении наиболее перспективных участков, возможно грамотное составление дальнейшего плана геологоразведочных работ, что в свою очередь позволяет сократить временные и трудовые затраты на поиск границ аномалеобразующих объектов и определение характера их распределения [1]. В докладе рассмотрено районирование по данным магниторазведки с целью выделения и уточнения ранее выделенных зон метасоматизма, перспективных для выявления золоторудного оруденения в программе COSCAD 3D.

Ключевые слова

Магниторазведочные работы, магнитное поле, локальное магнитное поле, полный градиент, трансформанты магнитного поля, классификация, метасоматические зоны, COSCAD 3D.

Введение

В 2022 году Вилуйской геологоразведочной экспедицией проведены магниторазведочные работы масштаба 1:10 000 объёмом 970 пог. км. По результатам работ построены карты аномального магнитного поля, локальной составляющей магнитного поля и его полного градиента.

Проводился комплексный анализ геофизической и геологической информации, выявлялся ряд идентичных признаков, которые прослеживались на отстроенных картах, и классификация исходных данных с помощью программы COSCAD 3D с целью выявления и уточнения ранее выделенных зон, перспективных для выявления золоторудных месторождений.

Геолого-геофизическая характеристика исследуемого участка

В геологическом строении участка принимают участие породы рифея (верхнепротерозойские) и четвертичные отложения. Магматические образования района представлены субвулканическими интрузиями основного состава позднего рифея [2]. Через исследуемую площадь трассируется достоверно установленный разлом (сброс) северо-восточного простирания, параллельный зоне Главного разлома (надвига), закартированного северо-западнее участка работ. Направление разломов совпадает с общим простиранием пликативных структур, в том числе и с серией даек. Достоверно установленные разломы северо-западного простирания зафиксированы на севере и юго-

востоке участка. По результатам ранее проведенных работ рудное золото локализуется в гидротермально - метасоматических (березиты, листовениты) и кварцево-жильных образованиях, приуроченных к контактам интрузивных пород лаптевского комплекса с породами лаптевской свиты [2].

Общий характер магнитного поля определяется линейно-вытянутыми магнитными аномалиями преимущественно северо-восточного простирания, отвечающие пластовым телам сильно намагниченных магматических образований лаптевского комплекса и оси слабоинтенсивных линейных магнитных аномалий, связанных, вероятно с разрывными нарушениями или залеченными интрузивами, характеризующимися небольшой магнитной восприимчивостью. (Рисунок 1). На юго-востоке скважинами вскрыто рудное тело золотосодержащих метасоматитов. Зона метасоматитов прослежена на поверхности. Анализируя ее положение в магнитном поле, можно отметить, что метасоматически измененные породы приурочены к контакту магматических пород лаптевского комплекса. В магнитном поле им соответствуют пониженные значения локального магнитного поля, и они характеризуются низкими значениями полного градиента отличными от нуля.

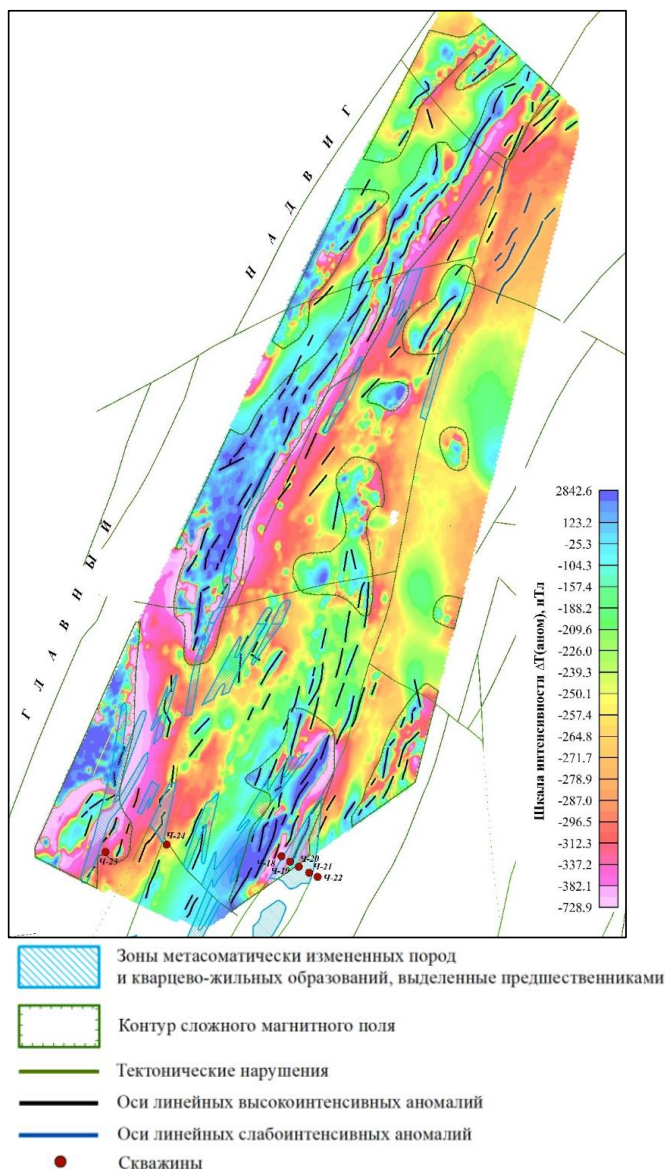


Рисунок 1. Карта аномального магнитного поля, масштаб 1:25 000

Классификация магнитного поля в программе COSCAD 3D

Для выделения зон, перспективных на обнаружения золоторудного оруденения, выполнено районирование по локальной составляющей магнитного поля и его полного градиента в программе COSCAD 3D одним из популярных итеративных методов классификации – метод динамических сгущений (*k-средних*). Он быстр и эффективен в применении [3]. Методом *k-средних* решается задача разбиения множества геологических объектов таким образом, чтобы все объекты, принадлежащие одному классу, были более похожи друг на друга, чем объекты других классов. Объект относится к классу, расстояние до которого минимально. Расстояние понимается как евклидово, а каждый класс объектов имеет центр тяжести. Расстояние между объектом и классом есть расстояние между объектом и центром тяжести класса [4]. Классификация методом *k-средних* выполнена с разбиением на 10 классов (Рисунок 2). Из них наиболее информативным является 7 класс, который характеризуется пониженными значениями

магнитного поля ($-40 \div 10$ нТл) и невысокими значениями полного градиента ($0,08 \div 1$). Зона 7 класса обрамляет выделенные дайки, коррелируется с ранее выделенными зонами метасоматизма.

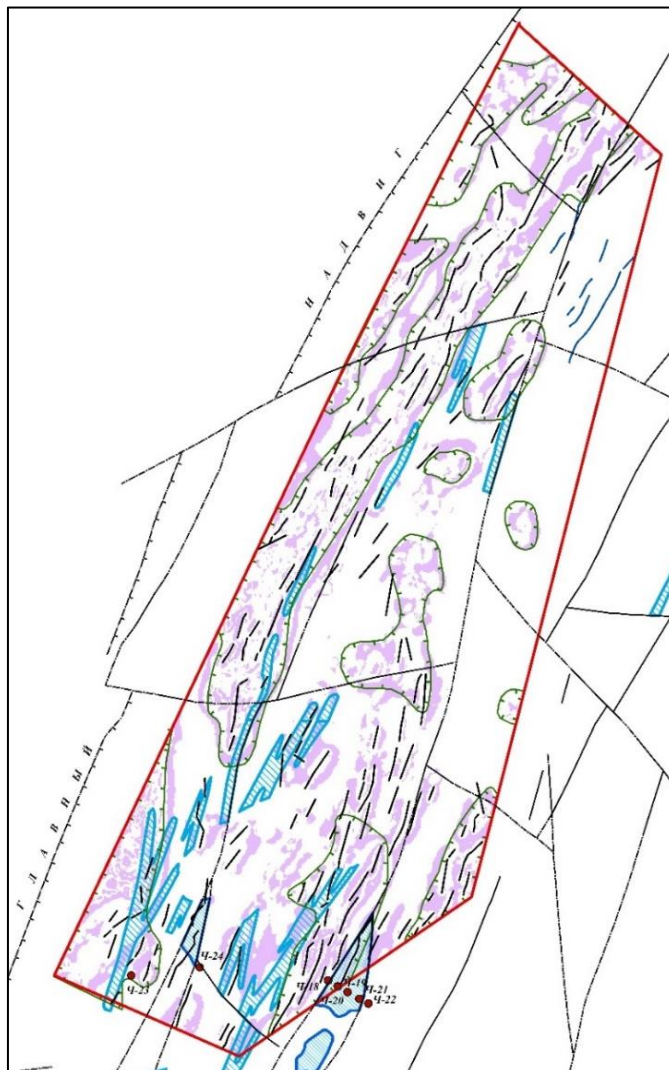


Рисунок 2. Результаты районирования по магнитному полю в программе COSCAD 3D, масштаб 1:25000 (условные обозначения на рисунке 1)

Выводы

По результатам магниторазведочных работ выделены области сложного магнитного поля, обусловленные серией сближенных пластов магматических пород (лаптевский комплекс - диабазы, метабазалты и др.), протрассированы линейные высокоинтенсивные аномалии, отвечающие также пластовым телам, и слабоинтенсивные, связанные с не залеченными тектоническими нарушениями.

Полученные результаты обработки данных наземной магнитной съёмки с использованием компьютерной технологии классификации в программе COSCAD 3D позволили выделить предполагаемые перспективные зоны для поисков рудного золота,

которые отвечают областям метасоматизма (березиты, листовениты) и кварцево-жильным зонам, расположенные вблизи магматических пород лаптевского комплекса.

Благодарности

Выражаю благодарность Вилюйской геологоразведочной экспедиции АК «АЛРОСА» (ПАО), непосредственно руководителю группы наземных геофизических методов (НГМ) Федорову Денису Николаевичу и эксперту Адарову Тимофею Дмитриевичу за помощь в написании данной работы.

Библиография

1. Секерина Д.Д. Способы преобразования потенциальных полей для локализации рудных зон//Инженерная рудная геофизика. 2021. с. 7.
2. Дроботенко Е.А., Кривошеев О.П., Онищенко А.Н. и др. Групповая геологическая съёмка масштаба 1:50 000 с общими поисками на Челюскинской площади (Информационный отчёт по незавершённым работам за 1993-2002 гг. ООО «ПГРЭ», Хатанга, 2002 г. с 51.
3. Н.О. Котелина, Б.Р. Матвийчук. Кластеризация изображения методом k-средних// Вестник Сыктывкарского университета. 2019. с 101-112.
4. Н.Н. Двоерядкина, Н.А. Чалкина. Кластерный анализ как инструмент обработки геологических данных. Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. 2010. с 8.

Математическая модель для определения оптимальных режимов работы газожидкостных подъемников системы эрлифт и газлифт при добыче полезных ископаемых с морского дна материковых шельфов. Хозяинов В.П. (Воркутинский филиал Ухтинского государственного технического университета, dlhrew@mail.ru), Дубовец А.В. (Ухтинский государственный технический университет, jurawli777@gmail.com)*

Аннотация

В статье приведены результаты теоретического исследования рабочего процесса эрлифтных установок. Полученная методика не использует эмпирические зависимости и может быть применена для расчета технических параметров эрлифта для различных условий. Производительность установки зависит от выбранного режима работы и необходимого значения динамического давления при заданном диаметре подающего трубопровода. Проверочные расчеты подтверждают соответствие теоретических расчетов и реальных значений расходных характеристик действующих установок, работающих в оптимальных режимах.

Ключевые слова

Эрлифт, водо-воздушная смесь, смеситель, воздух, компрессор

Теория

Отсутствие единой теории процесса движения двухфазного потока усложняет создание научно обоснованной методики определения рациональных технических параметров и осуществление автоматизации технологических процессов различных конструкций газожидкостных подъемников при постоянно изменяющихся условиях эксплуатации. В своем большинстве, стационарные газожидкостные подъемники, спроектированные по существующим методикам, работают с заниженным КПД в режиме скоростных автоколебаний потоков.

Рассмотрим расчетную схему типового эрлифта для транспортировки воды, рисунок 1. Компрессор 5 сжимает воздух, который по воздуховоду 4 подается в смеситель 3. При определенных условиях в смесителе образуется водо-воздушная смесь и устанавливается давление, значение которого будет меньше давления наружного столба воды. Вследствие разности давлений P_d вода по подводящему трубопроводу 2 поступает в смеситель. Смесь воды с воздухом поднимается по трубопроводу 6 и поступает в воздухоотделитель 7, где происходит разделение воды и воздуха – воздух уходит в атмосферу, а вода - в отводящий трубопровод.

В статье представлены математические модели движения потоков двухфазных сред. Проведены аналитические исследования на основе разработанных математических моделей (1) и (2). Определены технологически наиболее выгодные параметры работы установки, которые ранее не учитывались при проектировании. Модели (1) и (2) так же применимы для определения потоков трехфазных сред, где газожидкостная смесь транспортирует твердые составляющие полезных ископаемых. С помощью уравнений подбираются условия, при которых скорости потоков жидкости и сжатого газа, подаваемые в камеру смесителя, наиболее близки к скоростям ламинарного режима.

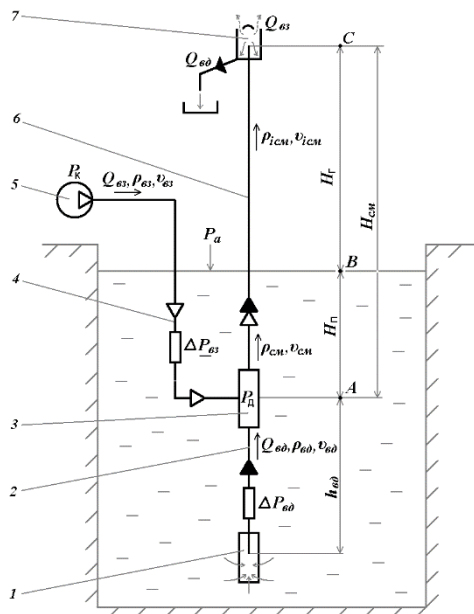


Рисунок 1. Расчетная схема эрлифта:

1–приемник воды; 2–трубопровод для подачи воды в смеситель; 3–смеситель; 4–трубопровод подачи сжатого воздуха; 5–компрессор; 6–подъемный трубопровод водо–воздушной смеси; 7–воздухоотделитель; $H_{г}$ – глубина погружения смесителя; $H_{г}$ – высота подъема жидкости; $h_{вд}$ – длина трубопровода воды; $H_{см}$ – длина подъемного трубопровода водо–воздушной смеси.

При этом потери напора в трубопроводах подъемника будут минимальными и в теоретических расчетах при проектировании установки могут не учитываться. Автоколебания потоков жидкости и сжатого газа, согласно теоретическим исследованиям, должны прекратиться в связи с тем, что усредненная плотность газожидкостной смеси в подъемном трубопроводе стабилизируется. Возможность работы гидроподъемника без автоколебаний потоков подтверждается результатами вычислений полученных с помощью двух независимых аналитических моделей при одинаковых вводных данных. [3].

Первая модель (1) представлена уравнением баланса энергии движения, скоростных напоров потоков сжатого газа, жидкости и газожидкостной смеси при динамическом давлении $P_{д}$ в камере смесителя.

$$P_{д} = \frac{v_{ж}^2 \cdot \rho_{ж}}{2} = \frac{v_{г}^2 \cdot \rho_{г} \cdot K}{2} = \frac{v_{ж} \cdot v_{см} \cdot \rho_{см}}{2}; \quad (1)$$

здесь $P_{д} = P_{ж} - P_{см}$ – разность давлений (динамическое давление) в камере смесителя, Па;

$P_{ж}$ – давление внешнего столба жидкости, Па; $P_{см}$ – давление столба смеси при выходе из камеры смесителя, Па; $v_{ж} = \sqrt{\frac{2P_{д}}{\rho_{ж}}}$ – скорость потока жидкости в трубопроводе, м/с; $K = \frac{P_{ж}}{P_a} + 1$

– коэффициент сжимаемости газа; P_a – атмосферное давление, (Па); g – ускорение свободного падения, м/с²; $\rho_{ж}, \rho_{г}$ – плотность жидкости и газа, кг/м³; $v_{г} = \sqrt{\frac{2P_{д}}{\rho_{г} \cdot K}}$

$\rho_{см.} = nZ\rho_{жс}$ – плотность смеси, кг/м³; $n = \frac{S_{жс.}}{S_{г.}}$ – отношение площадей сечений трубопроводов

жидкости и газа; $Z = \frac{v_{жс.}}{v_{г.}}$ – соотношение скоростей потоков жидкости и газа; $v_{см.} = \frac{v_{жс.}\rho_{жс.}}{\rho_{см.}}$ –

скорость газожидкостной смеси, м/с.

Вторая модель (2) создана на основе второго закона механики и представлена уравнениями равенства кинетических энергий потоков и неразрывности среды.

$$P_{Д} = h_{жс.}\rho_{жс.}\frac{dv_{жс.}}{dt} + \Delta P_{жс.} = L_{г.}\rho_{г.}K\frac{dv_{г.}}{dt} + \Delta P_{г.} = \frac{v_{жс.}v_{см.}\rho_{см.}}{2};$$

$$\left(\frac{\rho_{жс.}}{\rho_{см.}}\right)^2 \frac{dv_{жс.}}{dt} = \frac{dv_{см.}}{dt} \text{ – ускорение смеси,} \quad (2)$$

$$v_{см.} = \sqrt{2h_{жс.}\frac{dv_{см.}}{dt}} \text{ – скорость смеси в подъёмном трубопроводе,}$$

где $h_{жс.}$ – длина трубопровода подающего жидкость в камеру смесителя, м; $\frac{dv_{жс.}}{dt}, \frac{dv_{г.}}{dt}$ –

ускорение потоков жидкости и газа, м/с²; $\Delta P_{жс.}, \Delta P_{г.}$ – потери давления жидкости и сжатого газа при движении потока в трубопроводе, Па; $L_{жс.}$ – длина трубопровода сжатого газа, м. [2].

На основании проведенных исследований определены оптимальные параметры работы газожидкостных установок системы эрлифт и газлифт. За оптимальный режим установки предлагается принять рентабельную работу установки с наивысшим КПД [1], для данных условий эксплуатации.

Для работы установки в оптимальном режиме необходимо спроектировать гидроподъёмник, соответствующий следующим условиям:

- в подающем трубопроводе скорость потока транспортируемой жидкости в камеру смесителя должна быть близка к ламинарному режиму;
- проходные сечения подающего и подъёмного трубопроводов должны быть равны;
- отсутствие в конструкции подъёмника сужающих насадков;
- в газопроводе скорость потока сжатого газа, подаваемого в камеру смесителя установки должна быть близка к ламинарному режиму;
- масса сжатого газа в газопроводе и масса жидкости в подающем трубопроводе должны быть равны;
- давление газа, поступающего в смеситель установки в рабочем режиме, должно быть постоянным и соответствовать давлению внешнего столба жидкости на уровне заглубления камеры смесителя [4];
- давление сжатого газа в ресивере при рабочем режиме установки должно соответствовать постоянным заданным значениям;
- для поддержания оптимального режима необходимо автоматическое регулирование давления и расхода газа подаваемого в камеру смесителя.

Для конструирования эрлифта с оптимальными техническими характеристиками, с учетом вышеперечисленных условий создана инженерная программа определения основных технологических параметров. С её помощью подбираются наиболее выгодные условиями эксплуатации: определяется КПД, производительность, удельный расход

газа, усредненные скорости потоков газа и жидкости в трубопроводах установки. Программа может быть адаптирована для конструирования грузовых газлифтов. Программа проста в применении, что упрощает поиск необходимых технических и технологических решений. Для установки производительностью $100\text{ м}^3/\text{мин.}$, при заглублении 75 м, диаметре подъемной трубы 0,17 м необходимо применить газопровод диаметром 0,071 м. При этом, вычисленный расход воздуха составит $23,72\text{ м}^3/\text{мин.}$, что на 10,6% меньше, чем у действующей установки из таблицы [3]. В этом случае КПД не превысит $\eta=0,251$ и будет максимально возможным для данных условий эксплуатации.

Чтобы получить более высокую эффективность установки необходимо уменьшить заглубление камеры смесителя и увеличить диаметр газопровода. Для этого с помощью программы методом подбора выбирается диаметр газопровода, при котором скорости потоков будут соответствовать заданным значениям, производительность установки составит $100\text{ м}^3/\text{час.}$ и более высоком КПД. При заглублении 50 м и диаметре газопровода 0,076 м. КПД установки составит $\eta=0,367$. Причем подъемный трубопровод укоротится на 25 м. Рабочее давление компрессора уменьшится с 8,23 атм. до 5,48 атм.

При производительности грузового эрлифта $100\text{ м}^3/\text{час.}$ транспортировке мелких фракций груза плотностью $\rho=1300\text{ кг/м}^3$, на дневную поверхность, грузовая производительность эрлифта составит 39 т/час, при КПД установки $\eta=0,367$.

Выводы

Математические модели, описывающие зависимость движения потоков газа, жидкости и газожидкостной смеси в трубопроводах газлифтных и эрлифтных установок, позволяют определить оптимальные условия работы гидроподъемников и могут быть использованы для создания автоматической системы их эффективного управления. Методика определения производительности грузового эрлифта, кроме основных технологических параметров позволяет рассчитать КПД установки с учетом транспортировки груза на поверхность.

Библиография

1. Александров В.И., Коломоец Г.И., Хозяинов В.П. Уравнения балансового типа как основа математической модели эрлифтного подъемника // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» – Тула – Донецк – Минск: 2011. – Вып. 7, Т.1. – С.200-207.
2. Александров В.И., Габов В.В., Хозяинов, В.П. Научно-аналитический и производственный журнал «Горное оборудование и электромеханика» [Текст], №9, - Москва, Новые технологии, 2013, 48 с.
3. Гейер В.Г., Тимошенко, Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. - Москва, Недра, 1987. - 268 с.
4. Королев Д.А., Хозяинов В.П. Разработка методов проектирования и эффективного управления газлифтных скважин и эрлифтных установок // XIII Всероссийская конференция молодых ученых, специалистов и студентов «Новые технологии в газовой промышленности» (газ, нефть, энергетика), 22-25 октября 2019 г.: материалы конф./ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.–Москва, 2019.-74с.

Металгоритмический подход к формализации разработки геофизических методов. Чирков Е.Б. (ИФЗ РАН, ye_chirkov@list.ru)

Аннотация

В работе предложен новый подход к формализации разработки и оптимизации геофизического метода за счет выделения её геофизического аспекта.

Подход позволил выделить следующие общие черты присущие любому геофизическому методу: решаемая задача -определение объектов реального мира по их образам в физических полях, обуславливающая наличие операций измерения, обработки и интерпретации; прикладной характер решаемых методом задач; информационная недостаточность геофизических данных для решения обратной задачи для геосреды неизвестного строения.

Исходя из этих общих черт подход акцентирует целесообразность: повышения объёма и отношения сигнал/помеха измеряемой информации; объединения в единую цепь операций измерения, обработки и интерпретации на основе понимания физики сигнала и помехи конкретного метода; обращения внимания на распространение погрешности в алгоритмах обработки; целесообразность разложения погрешности метода на три ортогональных составляющих (погрешности модели, погрешности метода относительно модели и погрешности реализации метода). Для реализации этого предлагается фреймворк состоящий из металгоритма, метаэтапов и метаопераций.

Данный подход позволяет системно подойти к выделению сигнала из помех для произвольного геофизического метода, а также использовать в разработке метода современные технологии (имитационное моделирование, МКЭ, методы искусственного интеллекта). Эффективность подхода подтверждена практическими примерами.

Ключевые слова

геофизика, метаалгоритм, метаоперации, отношение сигнал/помеха, распространение погрешности.

Теория

Геофизика лежит на стыке геологии, физики, математики, радиотехники и цифровой обработки сигналов, что серьезно затрудняет разработку геофизических методов. В разработке геофизических методов для упрощения абстрагировались от конкретного геологического строения разрабатывая методы для произвольного разреза, частично компенсируя это расчетом простых моделей среды.

Успех такого подхода стимулировал идею с целью дальнейшего упрощения разработки метода выделить сугубо геофизический компонент, абстрагировавшись не только от геологии, но и от остальных научных дисциплин. Для решения данной задачи представляется разумным выделить общие черты, присущие любому геофизическому методу.

Во-первых все методы имеют дело с геологической средой неоднородной на любом пространственном масштабе и включающей неоднородности сложной формы.

Во-вторых, геофизика -это научная дисциплина основной задачей которой является суждение об объектах реального мира по их проявлениям в различных физических полях. Поэтому любой геофизический метод состоит из операций измерения, обработки данных и интерпретации. Всю информацию мы получаем на этапе измерения и далее в процессе обработки увеличивая отношение сигнал/помеха постепенно теряем эту информацию из-за распространения погрешности. Важной особенностью измерения является запись его результатов в цифровой форме, позволяющая впоследствии многократно выполнять обработку данных с помощью разных алгоритмов в поиске оптимальной процедуры обработки. Поэтому не желательно переносить операции обработки уменьшающие количество фиксируемой информации на этап измерения. Заметим также, что устранение паразитного влияния высоких временных и пространственных частот, контроль или снижение влияния помехосоздающих факторов, должно быть сделано именно на этапе измерений. Результатом обработки является формализованно выделенный сигнал в терминах параметров измеряемых полей. Граница между обработкой и интерпретацией также четко определена, недопустимо интерпретировать измеренный сигнал до полного выделения сигнала из помех из-за неясности вклада в неё помехи

В третьих, в любом геофизическом методе присутствуют помехи и погрешности, природа которых для каждого метода определяется конкретной физикой сигнала и помехи. Помехи могут присутствовать в измеряемом поле, наводиться на цепи измерителя, присутствовать в среде в виде мелких неоднородностей и даже быть вызваны сторонними причинами оказывающими влияние на сам контролируемый в мониторинге реальный объект. Мелкие объекты размером от размера соизмеримого с размером датчика до расстояния между датчиками или размера шага по профилю дают неустранимую погрешность в результатах измерения.

Учитывая выше изложенное можно заключить, что на основе нескольких измеренных величин для некоторого объема трехмерной неоднородной на любом пространственном масштабе среды невозможно получить строгое решение обратной задачи, поскольку число уравнений (число измеренных параметров) значительно меньше числа неизвестных. Речь может идти только о грубой оценке интересующих нас характеристик разреза, то есть о задаче распознавания образов, что впрочем соответствует прикладному характеру решаемых задач. Поэтому целесообразно максимально увеличить информационную ёмкость измеряемой информации и снизить информационную емкость оцениваемой модели среды. Это нужно для того, чтобы не просто аппроксимировать данные с помощью модели, наподобие аппроксимации кривой полиномом, а действительно оценивать [5] её адекватность. Вообще из-за наличия погрешности и её распространения информационная емкость измеренных данных должна быть больше информационной ёмкости информационных параметров, которая в свою очередь должна быть больше информационной ёмкости оцениваемой модели.

Идея предлагаемого для этого металгоритмического подхода в предложении фреймворка состоящего из метаэтапов (общих для всех методов) и полного набора метаопераций (целей геофизических операций), не привязанных к алгоритмам их реализации. В результате для конкретного геофизического метода пользователь может

исходя из физики сигнала и помехи может выбрать подмножество метаопераций для разделения сигнала от помехи, их последовательность, то есть метаалгоритм данного метода. Термин метаалгоритм выбран потому, что он обобщает понятие алгоритма, так как объединяет операции измерения, обработки и интерпретации (что необходимо, так как, например смена измерительной установки[5] на установку проф. Варотсоса[2] потребовала смены алгоритма обработки из-за возросшей погрешности несмотря на почти вдвое большую разрядность АЦП) и существует на двух уровнях (метаопераций и их программных и аппаратных реализаций)[1]. Не привязанность метаопераций алгоритма к конкретным математическим алгоритмам их реализации обеспечивает независимость от математических методов, а представление полного набора возможных метаопераций, обеспечивает его независимость от конкретной физики сигнала и помех.

Полный набор метаопераций расширяет взгляд геофизика на возможности выделения сигнала в каждом конкретном случае, а возможность независимого подбора адекватного конкретной задаче алгоритма реализации метаоперации ещё больше увеличивает спектр наших возможностей. Например, если сигнал и помехи отличаются во время-частотной области, то вместо Фурье преобразования в случае наличия пропусков регистрации следует воспользоваться периодограммами Ломба, а в случае регистрации динамических процессов -вейвлет преобразованием. Структура геофизического метода с метаэтапами и метаоперациями приведена на Рис. 1. Большая часть метаопераций очевидна, лишь некоторые требуют пояснения. Элиминация -это устранение или снижение влияния помехи; передискретизация- это снижение влияния мелких неоднородностей путем увеличения эффективного размера датчика или уменьшения шага по профилю; гибридизация -это исследование одного массива с помощью разных установок и/или методов.



Рисунок 1. Структура геофизического метода, метаэтапы и метаоперации. Элементы структуры метода отмечены голубым фоном, метаэтапы - зеленым, метаоперации без заливки.

Сегментация это выделение по определенным признакам участков записи или сигналов во временной или пространственной области; фильтрация может быть не только во временной, но и в пространственной области и по частоте эффекта; декомпозиция- это разделение сигнала и помех в полном спектре за счет регистрации влияющих на них факторов и использования метода главных компонент; генерализация -это исследование сразу нескольких однотипных явлений или объектов с целью выделения общих черт. Оценка погрешностей предполагает оценку трех ортогональных компонент погрешности: погрешности модели (геологической погрешности, с помощью МКЭ); погрешности метода относительно модели (с помощью имитационного моделирования и/или МКЭ); погрешности реализации метода (аппаратурной погрешности и отношения сигнал/ шум, с помощью имитационного моделирования).

На этапе программной реализации метаопераций важно отслеживать распространение погрешности алгоритмов обработки, выбирая наиболее адекватные для конкретных отношений сигнал/шум, использовать выбранные методы обработки параллельно и заносить результаты в базу данных или лист Excel для их совместного использования. Для иллюстрации возможностей подхода приведены примеры его практического применения для трех электроразведочных методов мониторинга малых деформаций трещиноватого массива и прогноза землетрясений [2, 5, 3-4].

Выводы

Предложен новый унифицированный подход к разработке и оптимизации геофизического метода, позволяющий использовать современные технические возможности (имитационное моделирование, МКЭ, базы данных).

Библиография

1. Чирков Е.Б. Метаалгоритмический анализ методов электромагнитного мониторинга. Материалы XXIII международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле» Москва, 26 - 28 сентября, Борок, 30 сентября 2022 г. с.309-312.
2. Чирков Е.Б. О природе сейсмoeлектрических сигналов и возможности их использования для изучения процесса подготовки землетрясения. Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием «ТРИГГЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ГЕОСИСТЕМАХ» г. Москва, 6–9 июня 2017 г. С.391-398.
3. Чирков Е.Б., Идармачев И.Ш. О возможности мониторинга вариаций локальной НДС на основе наблюдений кажущегося электрического сопротивления в водонасыщенной скважине. Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием ТРИГГЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ГЕОСИСТЕМАХ» г. Москва, 6–9 июня 2017 г. С.477-482.
4. Chirkov E.B., Idarmachev I.Sh./2021 Control of variations in the stress-strain state based on monitoring the apparent resistivity in the well IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, издательство IOP Publishing ([Bristol, UK], England), том 929, № 1, с. 012021(1)-012021(9)
5. Chirkov Ye.B. The study of local sources of ULF geoelectric signals with steep fronts //Annals of Geophysics, vol. 47, N. 1, February 2004. p. 213–227

К вопросу использования рентгено-радиометрической сепарации на рудных объектах Узбекистана. Шарипов Ш.Ф.* (Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, Geologist_Uzbekistan@mail.uz)

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы, связанные с использованием рентгено - радиометрического метода при сортировке золотоносных руд в Кокпатаском месторождении. Это очень существенный фактор для переработки различных руд, входящих в номенклатуру АО «Навоийский горно-металлургический комбинат».

Современное состояние минерально-сырьевой базы золоторудных месторождений Навоийского горно-металлургического комбината требует вовлечения в производство в возрастающих объемах бедных и убогих по содержанию и сложных по вещественному составу руд.

Ключевые слова

Рентгено-радиометрическая, сепарация, сортировка, золота, серебра, уран, кварцит, магнезит, приемный бункер, обогащения сульфидных руд, вольфрам, крупно-порционная рудосортировка.

Теория

Рентгено-радиометрическая сепарация - это новая низкозатратная, экологически чистая и наиболее эффективная технология предварительного обогащения руд, которая позволяет повысить качество любых руд за счет сортировки пустой породы, используя рентгеновское излучение. В её основе лежит рентгено-флуоресцентный эффект, позволяющий производить сортировку кусков руды по прямому содержанию полезных элементов. Для золотосодержащих руд сепарацию можно производить и по совокупности элементов, являющихся генетическими спутниками золота.

Метод основан на облучении кусков руды мягким рентгеновским излучением, которое вызывает от кусков ответное характеристическое излучение элементов. Измерение и разделение кусков осуществляется в специальных машинах (сепараторах), сортировка производится в диапазоне крупности кусков от 20 до 200 мм, однако имеющийся потенциал рентгено-радиометрической сепарации дает возможность применения этой технологии в более широком диапазоне (от 10 до 300 мм). Это связано с тем, что рентгеновское излучение проникает внутрь кусков на глубину до 1–2 мм, и поэтому рентгено-радиометрическая сепарация меньше подвержена влиянию загрязненности и зашламованности материала [1].

Особенно важно, что технология рентгено-радиометрической сепарации может применяться для широкого круга полезных ископаемых: золота и серебра, урана, редких и цветных металлов, полиметаллических руд, вольфрама и олова, руд черных металлов (Cr, Mn, Ti, V, Fe, Ni), алюминиевого сырья (бокситов, нефелинов), кварцитов и магнезитов, известняков и доломитов, угля и отходов металлургического производства (шлаков железа, хрома, марганца, титана и т.д.).

Это очень существенный фактор для переработки различных руд, входящих в номенклатуру АО «Навоийский горно-металлургический комбинат». Современное состояние минерально-сырьевой базы золоторудных месторождений Навоийского горно-металлургического комбината требует вовлечения в производство в возрастающих объемах бедных и убогих по содержанию и сложных по вещественному составу руд. Одновременно с этим увеличиваются масштабы горного производства, внедряются интенсивные способы ведения горных работ (мощное горное оборудование, циклично-поточные технологии). Это приводит к увеличению объемов выемочных порций горнорудной массы и, соответственно, к возрастанию ее разубоживания пустой породой и снижению селективности добычи. В итоге на переработку поступает значительное количество пустой породы, а также разнообразная смесь технологических сортов руд, а не их отдельные типы [1-2].

Так практика первоочередных горных работ на месторождении Кокпатас показывает на прерывистость и весьма неравномерное распределение золотого оруденения, отсутствие визуальных границ рудных тел, наличие значительного количества участков некондиционных руд и пустой породы внутри сортовых контуров балансовых руд, сложную конфигурацию геологических контуров.

Эти факторы ограничивают возможности селективной выемки с помощью применяемого высокопроизводительного горного оборудования и приводят к существенному снижению валового содержания золота в добытой горнорудной массе.



Рисунок 18. Схема работы сепаратора PPC.

Высокая степень случайности определения содержания золота в индивидуальных пробах из эксплуатационно-разведочных скважин, как за счет технических причин (погрешностей отбора проб, пробоподготовки и анализа), так и за счет природной изменчивости оруденения, снижает достоверность оконтуривания руд на стадии очистных работ и приводит к дополнительным, не учитываемым потерям руды за контуром отработки и примешиванию пустой породы [2].

Изучение особенностей геологического строения месторождения, технологии горно-эксплуатационных работ позволили сделать вывод о том, что имеются принципиальные возможности и реальные предпосылки для проведения более точной, дифференцированной и быстрой сортировки руды, чем это осуществляется в настоящее время по результатам опробования эксплуатационно-разведочных скважин и сортовым планам очистной выемки.

Эта задача решается путем опробования руды в автосамосвалах с помощью геофизических экспресс-методов рудосортировки. Применительно к месторождению Кокпатас разработана и внедрена в производство технология крупно-порционной сортировки золотосодержащих руд в транспортных емкостях (автосамосвалах) рентгенорадиометрическим методом [2-3].

Установлено, что в результате крупно-порционной сортировки, за счет выделения пустой породы из выемочных контуров балансовых руд, содержание золота в обогащенном продукте может быть увеличено на 20-25 % относительно исходного. Сортировка некондиционных руд позволяет выделять дополнительно порядка 6% обогащенного продукта, пригодного для рентабельной переработки. Выполненные технико-экономические расчеты показали, что промышленное внедрение крупно-порционной сортировки характеризуется высокой экономической эффективностью и значительно улучшает экономику предприятия.

Изучена возможность предварительного обогащения сульфидных руд месторождения Кокпатас методами покусковой сортировки и установлено, что технологические свойства руд месторождения являются благоприятными для эффективного их обогащения таким способом.

Наличие в сульфидных рудах тесной парагенетической связи золота с сульфидами (пиритом и арсенопиритом) предопределило выбор для реализации сортировки рентгенорадиометрического метода, с использованием в качестве разделительных признаков характеристических излучений мышьяка и железа. Разработана комбинированная технологическая схема покусковой сортировки (сепарации) руд рентгенорадиометрическим методом, с реализацией которой возможно получение до 70 % отвальных хвостов. При этом содержание золота в обогащенном продукте увеличивается в 1,5-1,6 раза [3].

Технологическая схема горного производства по обогащению золотосодержащих руд месторождения Кокпатас включает в себя крупно-порционную сортировку, рудоподготовку, контроль технологических процессов рудоподготовки и сепарации руд, собственно сепарационное обогащение руд.

Рудоподготовка. Эта стадия реализуется на ОПРСК. Самосвалы с рудой, выделенные на автомобильной РКС, разгружаются в приемный бункер емкостью 40 м³. Он в верхней части оборудован колосниковым грохотом, которым отделяются негабариты (куски руды крупнее 450мм). Они разрушаются бутобоем (гидрофицированная самоходная установка Брокк-330) и загружаются в приемный бункер [3].

В приемном бункере установлена колосниковая решетка с вибраторами, размер отверстий 200мм. Руда из бункера с помощью вибрационного питателя–грохота разделяется на колосниковой решетке на два класса. Класс – 450+200мм поступает на щековую дробилку на дробление, а класс –200мм объединяется с дробленой рудой и ленточным конвейером подается для грохочения на 3-х ситный вибрационный грохот. Полученные после операции грохочения машинные классы крупности руды: - 200+100мм; -100+50мм; -50+25мм и класс –25мм ленточными конвейерами направляются на склады (бункеры-накопители) машинных классов. Из складов вибрационными питателями и ленточными конвейерами машинные классы и класс – 25мм транспортируются в расходные бункера главного корпуса ОПРСК [4].

Выводы

Технология РРС дает возможность расширить сырьевую базу предприятия как за счет обогащения бедных и убогих руд, так и за счет пересортировки отвалов минерализованных пород и в целом увеличить эффективность производства на горнорудных объектах. При их использовании удаётся исключить из переработки порядка 40% пустой породы из текущей добычи, увеличив при этом среднее содержание полезного компонента в товарной руде, а также включить в переработку забалансовые руды, выделяя из них обогащенный концентрат. Все это приносит огромный экономический эффект, делая в ряде случаев рентабельными те проекты, которые ранее считались убыточными.

Библиография

1. Очкур А.П., Томский И.В., Яншевский Ю.П. Рентгенорадиометрический метод при поисках и разведке рудных месторождений. Л., «Недра» 2011. Стр. 22-28.
2. Толстов Е.А., Мазуркевич А.П., Иноземцев С.Б., Латышев В.Е., Саттаров Г.С. Состояние, проблемы и перспективы использования ядерно-физических методов анализа, опробования и сортировки в Навоийском горно-металлургическом комбинате. Сб. научно-технических статей «Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом». Ташкент, «ФАН» АН РУз, 1997.
3. Федянин С.Н. О возможности разделения пород и руд месторождения Мурунтау рентгенорадиометрическим способом. Сборник научно-технических статей «Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом». Ташкент, «ФАН» АН РУз, 2012. Стр. 55-58.
4. Толстов Е.А., Мазуркевич А.П., Иноземцев С.Б., Михин О.А., Латышев В.Е. Перспективы применения ядерно-физических методов покусковой сепарации золотосодержащих руд. Сб. научно-технических статей «Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом». Ташкент, «ФАН» АН РУз, 1997

Комплекс геофизических методов с целью уточнения особенностей геологического строения и гидрогеологических условий на участке предполагаемого строительства метро. Юлдашбаева И. Г. (РГГРУ имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), yuldashbaevailzida@gmail.com)

Аннотация

Разработан комплекс геофизических методов с целью уточнения особенностей геологического строения и гидрогеологических условий на участке предполагаемого строительства метро.

Применены комплексы сейсмических методов (МОВ-ОГТ, МПВ, ВСП), электромагнитных методов (ЭТ) и геофизические исследования в скважине методом ГК.

Ключевые слова

Геофизические методы, сейсмические методы, электромагнитные методы, гамма каротаж.

Теория

Геофизические исследования проводились в восточной части г. Москва на плотно застроенной территории с многочисленными подземными коммуникациями.

В задачу геофизических исследований входило:

- уточнение геологического строения и гидрогеологических условий на участке предполагаемого строительства;
- определение положения кровли и состояния пород каменноугольного возраста и перекрывающих их дисперсных грунтов, а также оценка карстово-суффозионной опасности;
- определение скоростных характеристик грунта на участке предполагаемого строительства;
- определение электрических свойств грунтов по глубине и построение геоэлектрических разрезов по профилю;
- определение наличия блуждающих токов в земле.

МПВ позволяет определить рельеф кровли скальных грунтов, установить границы между слоями различного литологического состава и состояния в скальных и дисперсных грунтах, определить местоположение и глубину зон трещиноватости, изучать состав, состояние и свойства скальных и дисперсных грунтов, гидрогеологические условия (глубины залегания подземных вод), инженерно-геологические процессы (склоновые, карстовые) [1].

Метод ВСП позволяет установить границы между слоями различного литологического состава и состояния в скальных и дисперсных грунтах, определить местоположение и глубину зон трещиноватости карстовых полостей, изучать состав, состояние и свойства скальных и дисперсных грунтов, изучать инженерно-геологические процессы (карстовые) [2].

На участке проведения исследований выполнялись исследования скважинного и межскважинного пространства с целью получения материалов и данных для определения скоростных характеристик и состояния дисперсных грунтов, расчленения разреза на слои различного литолого-петрографического состава, уточнения гидрогеологических условий.

По результатам проведенных геофизических исследований участок проведения сейсморазведочных работ характеризовался высоким уровнем шумов и помех техногенного характера, небольшим различием акустической жесткости пород четвертичных отложений, что весьма усложнило процесс регистрации полевых материалов и, последующую их обработку и интерпретацию.

Метод электротомографии позволяет определить рельеф кровли скальных грунтов, установить границы между слоями различного литологического состава и состояния в скальных и дисперсных грунтах, определить УЭС грунтов, определить местоположение и глубину зон трещиноватости, гидрогеологические условия (глубины залегания подземных вод), инженерно-геологические процессы (склоновые, карстовые) [3].

Сейсмотомографический разрез по поперечным волнам, представленный на рисунке 1, слабоконтрастный, скорости поперечных волн V_s изменяются в пределах 200-400 м/с до глубины 15 м, что говорит об аналогичных свойствах, по составу, рассматриваемых грунтов.



Рисунок 1. Сейсмотомографический разрез по поперечным волнам

Для определения гидрогеологических условий был выполнен сейсмотомографический разрез по продольным волнам, представленный на рисунке 2. Сейсмотомографический разрез по продольным волнам, слабоконтрастный. Скорости продольных волн V_p изменяются в пределах 200-800 м/с до глубины 7 м, что говорит об

аналогичных свойства, по составу, рассматриваемых грунтов и отсутствия кровли водонасыщенных пород до исследуемой глубины.

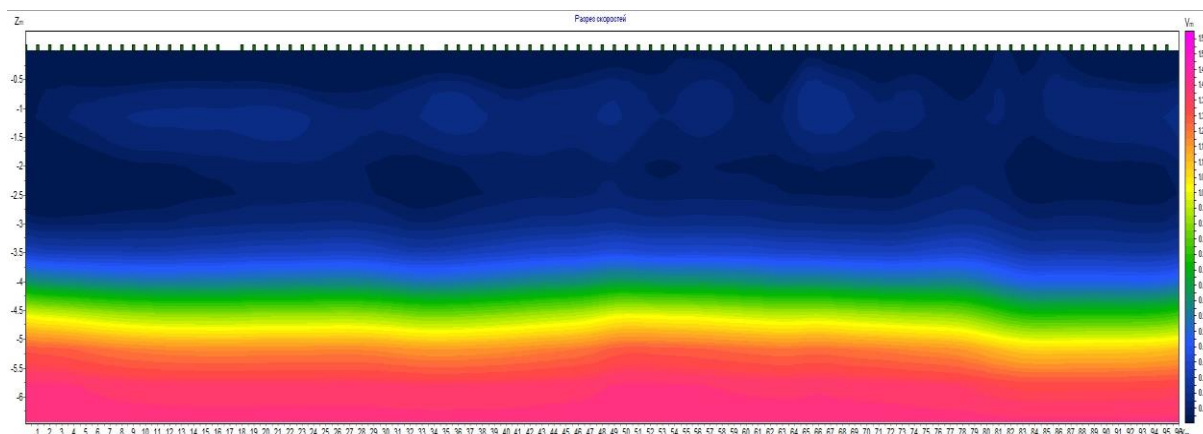


Рисунок 2. Сейсотомографический разрез по продольным волнам

Сведения о глубине залегания обнаруженных литолого-стратиграфических границ являются ориентировочными в связи с особенностями волнового представления сейсморазведочных методов.

В результате комплексирования методов скважинной и наземной сейсморазведки были определены скорости прохождения продольных (V_p) и поперечных (V_s) волн.

По результатам электротомографических измерений были построены разрезы удельного электрического сопротивления ($УЭС$) грунтов. Геоэлектрическая модель представлена на рисунке 3.

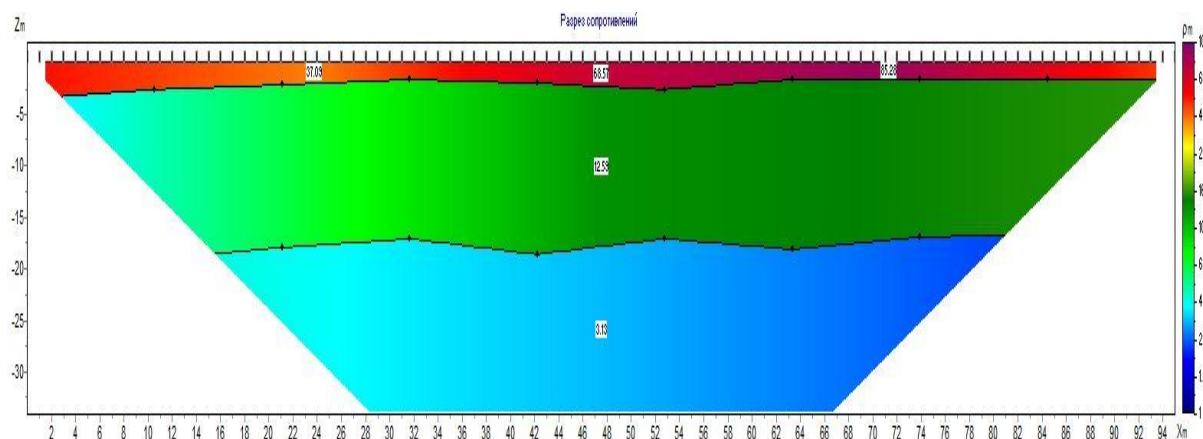


Рисунок 3. Слоистая модель

Согласно результатам, геоэлектрический разрез слабоконтрастный. Удельные электрические сопротивления ($УЭС$) изменяются в пределах 2-80 Ом*м. Аномалии не выявлены.

При проведении гамма каротажа записывается непрерывная кривая или диаграмма, на которой отображается интенсивность гамма-излучений, а также

выявляются пласты разной радиоактивности [4]. Были определены значения интенсивности гамма-излучения грунтов I (мкР/час).

Результаты буровых работ и гамма каротажа в процессе работы были увязаны. По данным бурения и геофизических исследований построены кривые гамма каротажа и распределения скоростей продольных V_s и поперечных V_p скоростей.

Выводы

По результатам проведенных геофизических исследований было уточнено геологическое строение и гидрогеологические условия на участке предполагаемого строительства, а также определены скоростные, электрические характеристики грунтов.

В геологическом отношении на исследуемом участке принимают участие следующие отложения (сверху вниз):

- четвертичные отложения (tQIV, fQIIIm, gQIIIm, fQIIIdm, gQIIId), представленные, по данным буровых и лабораторных работ, песками различной крупности и суглинками. По результатам проведенных геофизических исследований участок проведения работ характеризуется высоким уровнем шумов и помех техногенного характера, небольшим различием акустических и электрических характеристик пород четвертичных отложений. Мощность четвертичных отложений составляет 14,5-18,8 м.

- нижнемеловые отложения (K1) представленные, по данным буровых и лабораторных работ, песками и суглинками.

Геофизических аномалий в пределах исследуемого участка не выявлено.

Примененная методика проведения геофизических исследований, технология обработки и интерпретации полевых материалов позволили получить данные высокого качества в условиях плотной городской застройки и наличия высокого уровня техногенных помех.

Благодарности

Выражаю особую благодарность преподавателям с кафедры геофизики Новикову П.В. (и.о. зав. кафедрой, доцент, к.т.н.), Романову В.В. (доцент, к.т.н.) и декану факультета геологии и геофизики нефти и газа Иванову А.А. (к.г.-м.н) за значимые замечания и важнейшие советы при проведении исследования и написания доклада.

Библиография

1. Телегин А.Н. Сейсморазведка методом преломленных волн. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. -187 с.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. Тверь: АИС. 2006.
3. Матвеев Б.К. Электроразведка. Учебник для вузов, М.: Недра – 1990. – 368 с.
4. Бурков Ф.А., Исаев В.И., Лобова Г.А. Геофизические исследования скважин. Издание 2. Томск, 2017 г., 110 стр.

Применение метода электротомографии при изучения оползневых процессов в долине реки Москвы. Юрченко А.П.* (МГРИ, WhiteVikont@yandex.ru)

Аннотация

Актуальность исследования заключается в необходимости мониторинга состояния оползневых процессов, особенно вблизи техногенных объектов. Оползень является опасным геологическим явлением и представляет угрозу инженерным сооружениям, человеческому здоровью и жизни. Метод электротомографии отлично проявил себя при выявлении, картировании и возможности последующего 3D моделирования геологических тел, склонных к оползневым процессам.

Ключевые слова

Электротомография, инженерная геофизика, склоновые процессы, оползневые процессы.

Теория

Инженерная геофизика – это раздел прикладной геофизики, решающий разнообразные инженерно-геологические задачи. Объектом изучения является верхняя часть разреза, для которой характерны неоднородность, изменчивость состава и строения, а также петрофизических свойств [2].

Геофизические исследования выполняются при проведении крупномасштабных и детальных инженерно-геологических съёмок, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией различных сооружений. Они позволяют оценивать физико-механические и водно-физические свойства пород в их естественном залегании, изучать трещиноватость и нарушенность массива, определять уровень грунтовых вод и их динамику, а также выявлять геодинамические явления (оползни, обвалы, карст, суффозионные процессы и др.), представляющие опасность для будущего строительства. Применение геофизических методов повышает детальность и точность изысканий, уменьшает затраты времени и средств на проведение инженерно-геологических работ.

Оползни относятся к числу наиболее опасных геологических процессов и представляют угрозу не только инженерным сооружениям, но и могут повлечь за собой значительные человеческие жертвы. С оползневыми явлениями приходится сталкиваться довольно часто по берегам рек, озёр, морей, а также в горной местности [2].

Основная геологическая задача, которая стоит перед комплексом геофизических методов (на основе анализа материалов инженерно-геологических и геофизических исследований) – уточнение строения оползневого массива и определение расположения предполагаемой поверхности скольжения, а также определения уровня грунтовых вод, которые могут способствовать оползневым процессам.

Долина реки Москвы расположена на территории московской области, которая в свою очередь располагается в юго-западной части Московской синеклизы, Восточно-Европейской платформы. Московская синеклиза сложена породами рифея, кембрия,

девона, карбона, юры и мела, представленными главным образом, карбонатными породами, глинами, песчаниками, песчаноглинистыми образованиями. Почти сплошным чехлом территорию Москвы покрывают четвертичные отложения — разнообразный комплекс ледниковых, водноледниковых, речных, озёрных, оползневых и других образований, местами достигающих мощности 40—60 м. В результате перемещения грунтов и накопления строительных, промышленных, хозяйственно-бытовых и других отходов, широкое распространение получили техногенные образования [4].

Литологический состав в зоне проведения работ, включает в себя пески разного возраста и происхождения, юрские глины и суглинки, а на глубине 30-35 метров вскрывается кровля карбонатных пород каменноугольного возраста (Рисунок 1).

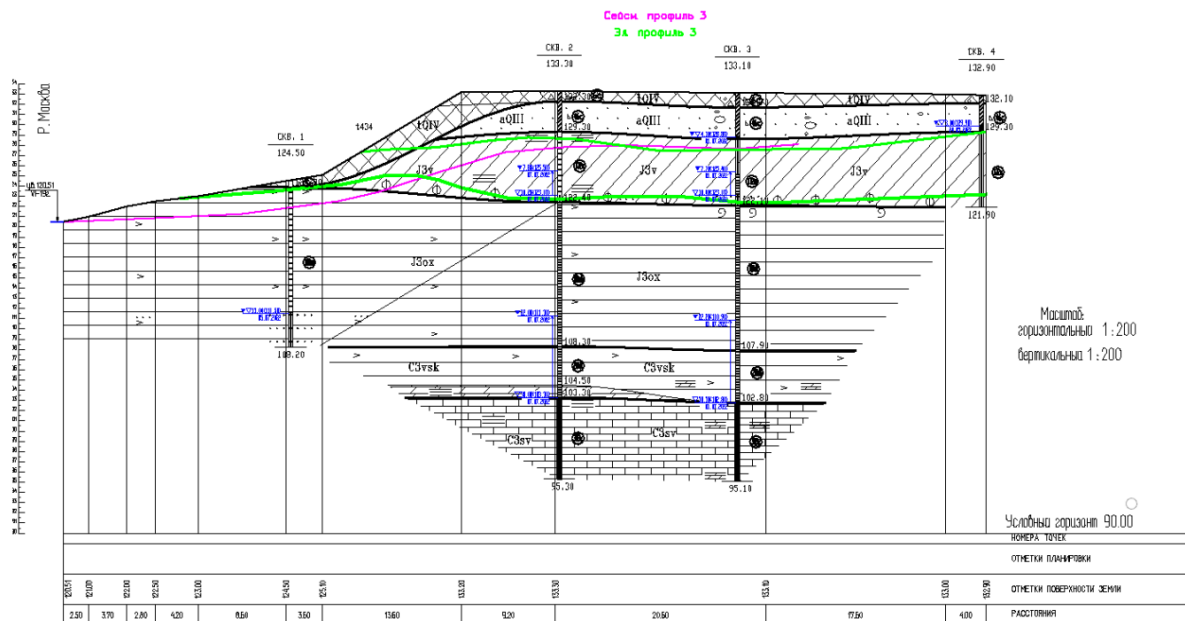


Рисунок 19. Геологический разрез с нанесенными литологическими границами по данным электротомографии и сейсмотомографии.

Анализируя представленный пример геологического разреза, можно сделать вывод о большей информативности и достоверности геофизических данных по сравнению с геологическими. Это обусловлено тем, что геологическими методами границы каждого пласта определяются по 3-4 точкам (буровые скважины) и далее интерполируются, и отягощаются тем, что бурение скважин невозможно непосредственно на крутом склоне или рядом с бровкой склона, а эта зона является наиболее важной при изучении склоновых и особенно, интересующих — оползневых, процессов. С помощью методов геофизики границы пластов определяются по сотням точек, а измерения могут проводиться даже на достаточно крутых склонах.

Геологический разрез включает в себя следующие горные породы: пески, глины, суглинки и карбонатные породы. Данные горные породы отчетливо дифференцируются по удельному электрическому сопротивлению, поэтому целесообразно применять методы электроразведки. А так как все измерения проводятся в городских условиях, из методов электроразведки допустимо применить только группу методов сопротивлений,

наиболее эффективным из которых является электротомография. Пример разреза, полученного методом электротомографии, представлен на рисунке 2.

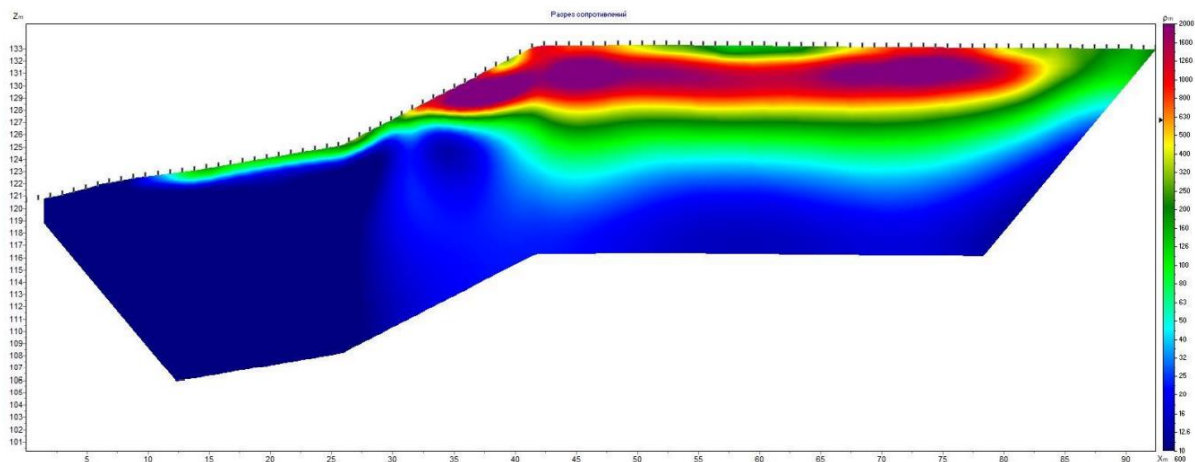


Рисунок 2. Геоэлектрический разрез

При проведении электротомографии использовалась 96-ти канальная станция IRIS SYSCAL Pro. Сеть состояла из трех поперечных и одного продольного профилей. Шаг между электродами 1 метр. Расстояние между поперечными профилями 40 метров, продольный профиль располагался в 5 метрах от бровки склона. Инверсия проводилась в программах ZondRes2d и ZondRes3D.

Из представленного рисунка видно, что пласт техногенных и аллювиальных песков имеет завышенные значения удельного электрического сопротивления. Пески и суглинки водопроницаемы, подстилаются горизонтом водоупорных пород – глин. А также падение кровли водоупорных пород совпадает с направлением уклона поверхности, это является благоприятной средой для образования оползня.

В программе ZondRes3D был построена псевдо 3D геоэлектрическая модель, и выделено тело, склонное к оползневому процессу (Рисунок 3).

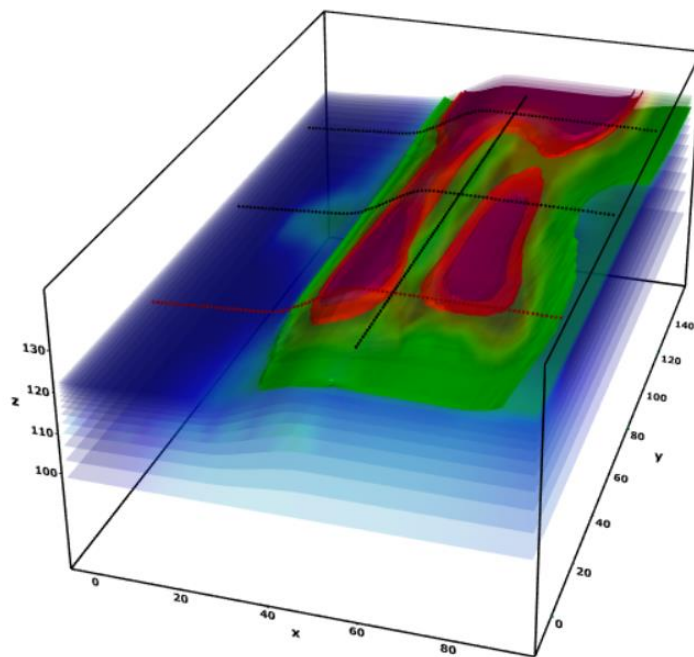


Рисунок 3. Объемная геоэлектрическая модель тела склонного к оползневому процессу

По результатам выполненных инженерно-геофизических работ по мониторингу, оценивается состояние оползневых склонов: на рисунке выделены плоскость скольжения и рыхлые насыпные грунты, наиболее склонные к оползневому процессу. В случаях проявления их современной активности, необходимо принять меры по укреплению склонов, и этим повысить безопасность.

Известны случаи, когда, сохранявший долгое время устойчивое состояние массив, вдруг приобретает движение с последующими разрушительными последствиями. Основным дестабилизирующим фактором в активизации и развитии оползневых процессов являются сильное обводнение массива пород, в периоды сезонов (весна и осень) затяжных дождей, в результате происходит значительное утяжеление оползневой толщи и падение сопротивления сдвигу в слое песчано-глинистой породы, служащей своеобразной смазкой на контакте массы оползневого тела с коренной породой (плоскости скольжения) [1].

Для дальнейшего исследования оползневого тела следует провести испытание грунтов методом статического зондирования (СЗ). Это позволит определить: лобовое сопротивление, q_c (МПа), локальное трение по муфте, f_s (МПа), поровое давление, p_p (МПа). Что в свою очередь даст возможность определить коэффициенты сцепления и углы внутреннего трения [3].

Выводы

В результате геофизических исследований методом электротомографии получены данные об особенностях геоэлектрического строения разрезов на оползневом склоне. С помощью специализированных программ на разрезах выделено тело, предрасположенное к оползневому процессу и построена его модель.

На момент проведения исследования оползневая поверхность находилась в стабильном состоянии, однако при появлении дестабилизирующего фактора возможно появление оползневых явлений. Поэтому необходим дальнейший мониторинг или строительство укрепляющего сооружения.

Библиография

1. Дорохин К.А., Бойко О.В. Геофизические исследования оползневых процессов на участках размещения железнодорожных тоннелей. 2013.
2. Ляховицкий Ф.М., Хмелевской В.К., Яценко З.Г. Инженерная геофизика.- М.: Недра, 1989.
3. Оленченко В. В., Осипова П. С, Соколов И. С., Волков Н. Г. Прогноз механических свойств грунтов на оползневом склоне по данным электротомографии и статического зондирования. «Инженерная и рудная геофизика», 2019.
4. Энциклопедия "Москва". 1980 год. Издательство "Советская Энциклопедия" 1980 год.

Секция №16. Геоинформатика, робототехника и машинное обучение

*О программной реализации некоторых традиционных задач геофизики.
Ахметсафин Р.Д.* (МГРИ, ahmetsafinrd@mgri.ru)*

Аннотация

В работе представлен современный подход к разработке программного обеспечения в области геофизики в виде плагинов (модулей расширения) на языке высокого уровня Python для известных геофизических приложений, таких как Petrel, ArcGIS, QGIS, GIS SAGA, Gintel.

Рассмотрены решения двух задач: (1) Замещение/прогноз недостающей геолого-геофизической и промысловой информации с применением методов машинного обучения; (2) Решение 3D прямых и обратных задач геофизических полей.

Ключевые слова

Машинное обучение, прямые и обратные задачи геофизики.

Теория

Разработка программного обеспечения (ПО) в области решения задач полевой и нефтепромысловой геофизики является трудоемким и длительным процессом, требующим больших усилий ученых, геофизиков-практиков и квалифицированных программистов. За годы, потраченные на разработку и отладку ПО, появляются новые подходы к решению задач и новые возможности систем программирования, что приводит к моральному устареванию программной реализации к ее финальному релизу. В учебном процессе силами преподавателей и студентов такая гонка становится неподъемной. С другой стороны, современные подходы к разработке ПО в области геофизики, дают возможность пользователю с помощью плагинов (модулей расширения) существенно расширять функционал. Наиболее интересными представляются программные системы с расширением на языке высокого уровня Python (для геоинформационных систем (ГИС) - ArcGIS, QGIS, GIS SAGA, для геофизических исследований скважин (ГИССКв) - Gintel, для геологического моделирования – Schlumberger Petrel, универсальные для визуализации 3D - 3D Slicer, ParaView и др.). Такой подход позволяет сэкономить усилия на разработке графических 1/2/3D представлений, доставке данных (чтение файлов различных форматов, базы данных), и сконцентрироваться на реализации математических методов с применением библиотек на Python с открытым кодом.

В настоящей работе рассмотрены решения двух задач: (1) Замещение/прогноз недостающей геолого-геофизической и промысловой информации на примерах прогноза недостающих кривых каротажа скважин и прогноза сейсмических горизонтов по потенциальным полям с применением методов машинного обучения; (2) Решение 3D прямых и обратных задач гравиразведки, магниторазведки и электроразведки.

Для написания плагина для конкретного приложения с поддержкой Python необходимы:

1) Библиотеки с открытым кодом – в нашем случае это библиотека машинного обучения scikit-learn и библиотека решения задач геофизических полей SimPEG.

2) API – Application Programming Interface, программный интерфейс конкретного приложения применительно к Python. Этот интерфейс открывает доступ к проекту, открытому в приложении, графической системе и к данным.

3) Конструктор диалоговых форм (обычно с применением Qt или wxWIDGETS)

1. Прогноз/замещение недостающей геолого-геофизической и промысловой информации методами машинного обучения

Современные методы машинного обучения (Machine Learning Algorithms, ML) и анализа данных основаны на обучении на прецедентах [1]. Они имеют открытые исходные коды и ориентированы на минимальное интерактивное вмешательство. Эти методы нашли широкое применение в различных областях исследований для классификации и получения прогнозов, где детерминированные модели не могут быть четко сформулированы.

ML предполагает, что каждый исследуемый объект описывается парой $\langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle$, где \mathbf{x} данные (многомерный вектор); \mathbf{y} целевое значение, метка. Надо найти функцию $f(\mathbf{x}) \approx \mathbf{y}$. В зависимости от значений \mathbf{y} MLA разделяется на две задачи:

(1) Классификация - значения \mathbf{y} дискретны (принимают несколько заранее определённых значений или классов);

(2) Регрессия - значения \mathbf{y} непрерывны (принимают любое значение из диапазона).

Большинство методов ML способны решать обе задачи.

Применительно к геонаукам [2,3,4,5] задача классификации может применяться для предсказания месторождений полезных ископаемых, предсказания аномальных проявлений в земной коре и природных процессов, стратиграфического и литологического расчленения, фациального анализа, корреляции разрезов скважин и пр.

Задача регрессии в нотации ML применительно к геонаукам может применяться для прогноза или замещения недостающей метеорологической, геолого-геофизической и промысловой информации ($\mathbf{y}_{\text{new}} = f(\mathbf{x}_{\text{new}})$).

В Python в библиотеке scikit-learn доступны все популярные методы машинного обучения для задач регрессии и классификации.

1.1. Прогноз недостающих кривых каротажа скважин

Актуальность замещения недостающих каротажных данных возрастает с широким применением гидродинамического и геомеханического моделирования на месторождениях в поздней стадии эксплуатации, т.к. современный комплекс ГИССКв, отбора и исследований каменного материала под эти задачи претерпел значительные изменения по сравнению с комплексом 20-30 летней давности (особенно это касается верхней части разреза, где комплекс ГИССКв был минимальным). Наиболее востребованным является замещение недостающих кривых плотностного (ГКПл, РНОВ), акустического (DTP, DTS) каротажа [6] – для оценки физико-механических свойств и порового давления при геомеханическом моделировании; нейтронного гамма-каротажа (НГК, НРН) – для оценки пористости и литологического расчленения; каротажа потенциала собственной поляризации (ПС, SP) – для фациального анализа и др.

В качестве примера рассмотрен прогноз/замещение каротажных кривых DT (интервальное время Р-волны акустического каротажа) по набору зарегистрированных кривых других методов каротажа (электрического, радиоактивного).

1.2. Прогноз сейсмических горизонтов по потенциальным полям

Отметим, что подобные задачи могут решаться и без формализованного применения методов ML. Одним из таких подходов является метод КОМП [7,8]. К недостаткам метода можно отнести низкий уровень автоматизации (необходимость ручной настройки большого числа параметров, от которых сильно зависит результат прогноза), грубость прогноза и закрытость исходного кода.

Одним из факторов, определивших выбор методов была возможность анализа регрессионных зависимостей построенных прогнозных моделей. В качестве примера рассмотрим прогноз сейсмических горизонтов площади на основе многомерного регрессионного анализа между потенциальными полями и неполными данными сейсморазведки (2D сейсмика «отбивает» сейсмические горизонты вдоль нескольких линий).

2. РЕШЕНИЕ 3D ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

SimPEG [9] - библиотека Python с открытым исходным кодом для моделирования и оценки параметров на основе градиентных методов инверсии в геофизических приложениях в 1D, 2D, 2.5D, 3D и во времени.

- Гравиразведка
 - Магниторазведка
 - Электроразведка по постоянному току
 - Индуцированная поляризация
 - Электромагнетизм
- о Во временной области

- В частотной области
- Магнитотеллурика
- Вязкая остаточная намагниченность
- Уравнение Ричардса

Выводы

Достижения ученых (в области математики, физики, геофизики) в виде библиотек с открытым кодом на языке высокого уровня Python, API Python приложения (например, Petrel, ArcGIS, QGIS, GIS SAGA, Gintel), автоматизация создания диалоговых форм (с применением конструкторов Qt или wxWIDGETS) позволяют в кратчайшие сроки реализовать эти достижения в виде нового и удобного функционала применительно к геофизической практике.

Библиография

1. Breiman L., Friedman J., Olshen R., Stone C. Classification and regression trees. – Routledge, 2017 (1984).
2. Ахметсафин Р. Д., Ахметсафина Р. З. Практическое применение нечетких моделей для интерпретации ГИС // Геофизический вестник. - № 1, 2016. - С. 11-14.
3. Caté A., Perozzi L., Gloaguen E., Blouin M. Machine learning as a tool for geologists //The Leading Edge. – 2017. – Т. 36. – №. 3. – С. 215-219.
4. Егоров С. В., Приезжев И. И., Попова П. Ф., Гладков Е. А. Применение алгоритмов машинного обучения для решения задач количественного прогноза ФЕС по сейсмическим и скважинным данным //ГеоЕвразия 2018. Современные методы изучения и освоения недр Евразии. – 2018. – С. 259-262.
5. Lee S., Jung H. S. Machine Learning Techniques Applied to Geoscience Information System and Remote Sensing. – MDPI. ISBN 978-3-03921-215-6. - 2019. 438 с.
6. Pandey S., Saraiya R. Prediction Of Sonic Log Data Using Machine Learning Regression Methods //Marine Acquisition Workshop 2018. – 2018.
7. Баукова Н. Н., Трemasова М. С., Волков Б. А. ПРОГНОЗ НЕФТЕНАСЫЩЕННОЙ ТОЛЩИНЫ МЕТОДОМ КОМП //Форум молодых ученых. – 2018. – №. 12-1. – С. 531-533.
8. Рыскин М. И., Волкова Е. Н. Локализация поисковых объектов на основе частотных и корреляционных преобразований гравитационного и магнитного полей //Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей. – 2017. – С. 325-329.
9. Cockett R. et al. SimPEG: An open source framework for simulation and gradient based parameter estimation in geophysical applications //Computers & Geosciences. – 2015. – Т. 85. – С. 142-154.

Пути повышения эффективности буровых работ с учетом применения различных типов породоразрушающего инструмента. Боголюбов Р.В (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, bogolybov_05@icloud.com). Научный руководитель: Овезов Батыр Аннамухаммедович (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, ovezovba@mgri.ru), соавтор: Щербакова Ксения Олеговна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, scherbakovak@mgri.ru), Календарова Лейли Рустамовна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kalendarovalr@mgri.ru)*

Аннотация

В настоящее время бурение на нефть и газ становится все более прогрессивным и сложным процессом. Новые технологии изучаются, для решения наиболее важных технологических задач применяются способы, которые отвечают экономическим критериям эффективности. Существует ряд параметров, связанных с процессом бурения, которые должны быть запланированы, а также изменены, основываясь на опыте пробуренных скважин, в целях улучшения процесса. Оптимизация параметра проходки путем выбора бурильных долот является очень важной темой в услугах буровых работ. Породоразрушающий инструмент является одним из основных элементов, который имеет большое влияние на весь процесс бурения[2]. Выбор долота, один из важных параметров для планирования и проектирования новых скважин и включает множество аспектов, которые должны быть рассмотрены и оценены до принятия решения[6].

Ключевые слова

Износ шарошечных долот, PDC долото, износ PDC долот, показатель, характеризующий целесообразность ввода, долото гибридного типа.

Теория

Для понимания причин и анализа износа PDC долот [8] был предложен показатель, характеризующий целесообразность ввода в периферийное вооружение долото антивибрационных вставок. Он основывается на вычислении отношения показателя износа периферийного вооружения долот без антивибрационных вставок и износа периферийного вооружения долот с антивибрационными вставками. Долото конструкции с [3] антивибрационными вставками показывают большие по величине механические скорости по сравнению с конструкцией без таких вставок. Кроме того, при отработке долота конструкции без антивибрационных вставок, забойной телеметрической системы Measuring While Drilling (MWD) фиксируются ударные нагрузки с частотой более 30 Гц. [10] Также фиксируются амплитудные изменения крутящего момента при отработке долота без антивибрационных вставок. На рынке долотного производства известна разработка гибридной технологии долот. Такая технология состоит из плотного корпуса, лапах и [5] лопастей в средней части гибридной разработки и шарошки, режущие элементы шарошек, режущие элементы [1] лопастей в нижней части конструкции. Вращающиеся конусы расположены частично по направлению к задней части лопастей, чтобы создать большее пространство для

выбуренного шлама и удаления его в затрубное пространство. Такая технология позволяет разбуривать в четыре раза [4] быстрее более мягкие и пластичные породы по сравнению с шарошечным долотом и, соответственно, быстрее в твердых и абразивных породах по сравнению с долотом PDC.

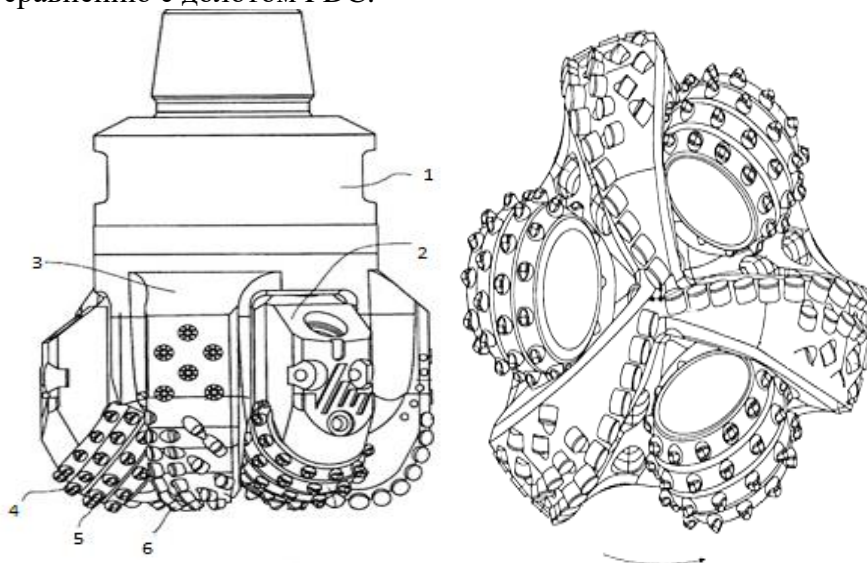


Рисунок 1. Долото гибридного типа. Комбинированное долото.

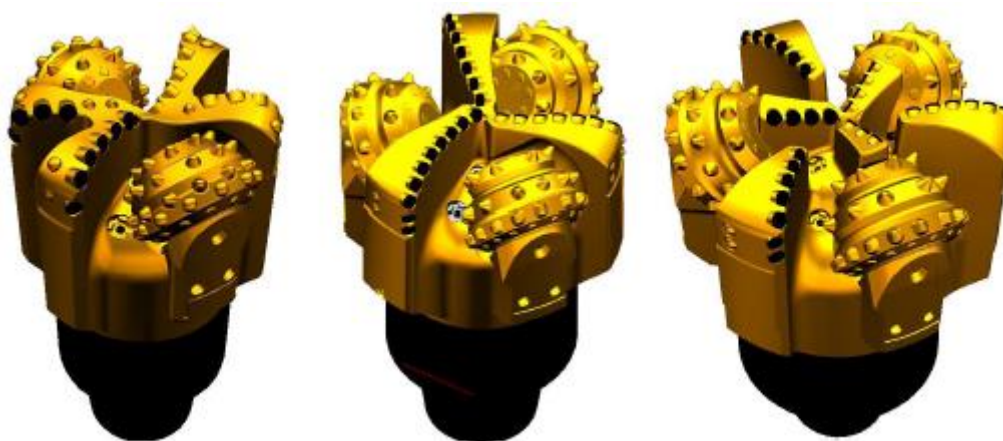


Рисунок 2. Варианты конструкций долот.

Выводы

Опыт эксплуатации комбинированных долот показал хорошие результаты, обеспечив прогрессивность в параметрах механической скорости проходки по сравнению со скважинами, где применялись традиционные долота [7]. Существенным плюсом их внедрения стало повышение срока службы долота и снижение количества СПО (спуско-подъемных операций). Конструкция гибридного долота основана на очень хорошо зарекомендовавшей себя (до шести лопастей) конструкции PDC, в которой вторичные лопасти заменены конусными шарошками [9]. Эти долота объединяют в себе лучшее из двух миров. Таким образом, были выявлены и найдены пути повышения

эффективности буровых работ с учетом применения различных типов породоразрушающего инструмента. Разработка показателя, характеризующего целесообразность ввода в периферийное вооружение долото антивибрационных вставок, конструкции гибридного долота. Цели были выполнены.

Библиография

1. Абатуров В.Г., Физико – механические свойства горных пород и породоразрушающий буровой инструмент. 2007. – 137 – 140 с.
2. Анализ возникновения вибраций в процессе бурения / Д. А. Кузнецова, Б. А. Овезов, К. О. Щербакова, Л. Р. Календарова // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2022. – № 11(131). – С. 88-93. – EDN ТКСКХН.
3. Анализ природы дифференциальных прихватов и методов их эффективного предупреждения / М. М. Алимова, А. М. Машкова, Н. В. Соловьев [и др.] // Молодые - Научкам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 172-176. – EDN EFTHNF.
4. Анализ существующей проблемы с вибрациями в телеметрических системах и модернизация алгоритмов работы / Б. А. Овезов, К. О. Щербакова, Л. Р. Календарова, Д. А. Кузнецова // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2023. – № 1(361). – С. 20-25. – DOI 10.33285/0130-3872-2023-1(361)-20-25. – EDN SXDZRG.
5. Ганджумян Р.А., Калинин А.Г., Никитин Б.А. Инженерные расчеты при бурении глубоких скважин: Справочное пособие. – М.:Недра, 2000. – 489 с.
6. Курамшина, Э. Р. Повышение коррозионной стойкости тампонажных материалов в условиях сероводородной агрессии / Э. Р. Курамшина, Б. А. Овезов, Н. В. Соловьев // Новые идеи в науках о Земле : Материалы XV Международной научно-практической конференции. В 7-ми томах, Москва, 01–02 апреля 2021 года. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2021. – С. 212-214. – EDN WNQNYV.
7. Овезов, Б. А. Керн повышенной информативности / Б. А. Овезов, К. О. Щербакова, А. С. Повалихин // Новые идеи в науках о Земле : Материалы XIV Международной научно-практической конференции: в 7 томах, Москва, 02–05 апреля 2019 года. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2019. – С. 282-283. – EDN VUDEZN.
8. Повышение эффективности технологического процесса бурения с применением долот PDC / М. М. Алимова, Н. В. Соловьев, К. О. Щербакова, Б. А. Овезов // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2022. – № 7(127). – С. 72-74. – EDN UDRCFE.
9. Снижение критических последствий торсионных вибраций в результате разрушения горной породы долотами PDC / Б. А. Овезов, К. О. Щербакова, Л. Р. Календарова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2022. – № 4. – С. 91-100. – DOI 10.32454/0016-7762-2022-64-4-91-100. – EDN YZNEOU.
10. Эффективность снижения рисков прихватов бурильных труб в процессе строительства скважин в сложных горно-геологических условиях / Д. А. Кузнецова, М. С. Фролова, К. О. Щербакова, Б. А. Овезов // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2022. – № 8(128). – С. 18-21. – EDN VCUOBX.

Морфометрический анализ речных долин для прогнозирования золотороссыпных россыпей Яно-Оймяконо-Колымской геоморфологической провинции. Габбасов К.А.* (ФГБУ «ЦНИГРИ», geo.discovery@mail.ru)

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы морфометрического анализа применительно к прогнозированию золотороссыпных зон минерализации при помощи ГИС технологий. При морфометрическом анализе речных долин использовались методы цифрового моделирования рельефа. Данный подход позволил в полуавтоматическом режиме выявить количественные показатели рельефа, а именно объем денудационного среза продуктивных долин; положение стрелы прогиба в продольном профиле долин. Полученные параметры использовались для построения специализированных прогнозных золотороссыпных карт на исследуемую геоморфологическую провинцию.

Ключевые слова: морфометрический анализ рельефа, цифровая модель рельефа, гидрологическая коррекция ЦМР, эрозионно-денудационный срез, положение стрелы прогиба долины.

Теория

Морфометрия – научное направление геоморфологии, исследует количественные (геометрические) свойства рельефа земной поверхности с целью их выявления и описания; своими методами она создает морфологические основания, необходимые для познания основных закономерностей формирования и развития рельефа [1].

Морфометрический анализ успешно использовался в СССР для поиска россыпных месторождений. Отличительными особенностями метода были ее дешевизна и возможность прогноза россыпей дистанционно. Современный период отличается наличием большого числа доступных цифровых моделей рельефа и возможностью автоматизации многих этапов исследовательского процесса благодаря развитию искусственного интеллекта. В результате это дает большое преимущество для морфометрического анализа в виде обработки большого объема данных с применением автоматизированных и полуавтоматизированных алгоритмов преобразования высотной матрицы.

Целью работы является разработка специализированных прогнозных карт россыпных объектов для Яно-Оймяконо-Колымской геоморфологической провинции Магаданской области на основе морфометрического анализа рельефа. Круг задач исследования включал в себя: оцифровка геоморфологических районов на Магаданскую область; гидрологическая коррекция ЦМР; автоматизированное построение водотоков и долин разных порядков по Штраллеру; расчеты морфометрических показателей эталонов для геоморфологических районов и их статистическая обработка; построение прогнозных карт на основе полученных данных по эталонам с учетом верификации с геологическими данными.

Работа выполнялась на базе Arcgis 10.8 и QGIS. В качестве исходного ЦМР была выбрана общедоступная модель рельефа ArcticDEM с пространственным разрешением 2 м. Вспомогательным материалом послужили различные космические снимки, загруженные с USGS (рис.1).

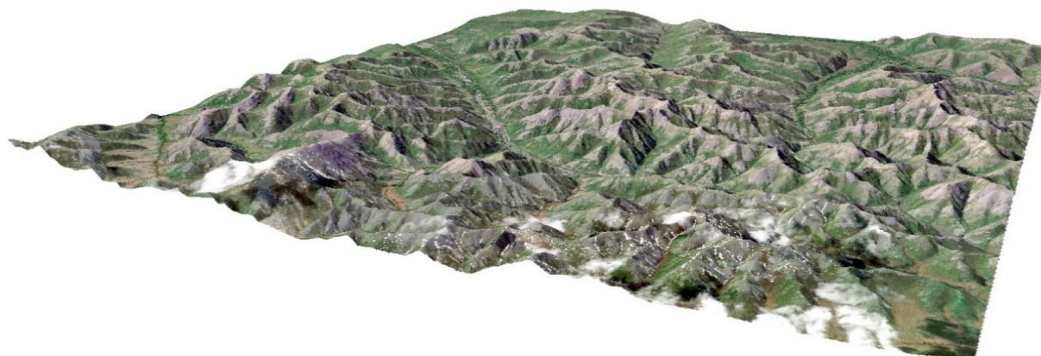


Рисунок 20. ЦМР ArcticDEM 2m на фрагмент Яно-Оймяконо-Колымской геоморфологической провинции с наложенным космическим снимком. Выполнено на базе Arcscene 10.8.

Используемыми морфометрическими показателями служили: денудационный срез продуктивных россыпных долин разных порядков; определение критических уклонов россыпеобразования поперечных профилей водотоков и др. Эталонные долины определялись на космических снимках, где заключения о наличии россыпи производились на основе дешифрирования признаков отработки россыпей. Расчеты выполнялись внутри каждого геоморфологического района (рис.2), так как условия россыпеобразования в разных геоморфологических (россыпных) провинциях несколько отличаются друг от друга.

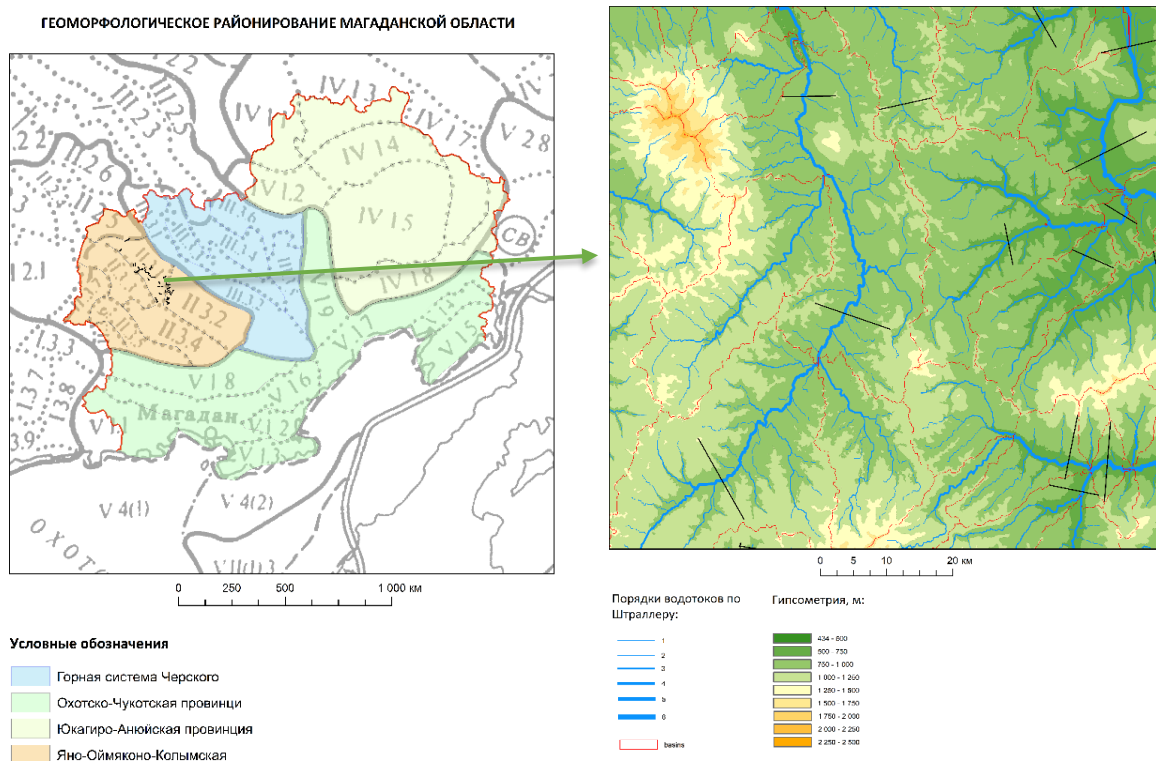


Рисунок 21. Геоморфологическое районирование Магаданской области по С.С. Воскресенскому и др., 1980; Положение поперечных профилей долин для подсчета объема денудационного среза в пределах Яно-Оймяконо-Колымской геоморфологической провинции.

Индекс	Х коорд., м	Абс. высота, м	Глубина расчл., м	Объем, м ³
0	0	1000,205	0	221,3786
1	49,15265	991,1976	9,0078	681,8621
2	98,30507	981,4684	18,737	1256,17
3	147,4573	967,8289	32,3765	1924,479
4	196,6092	954,2746	45,9308	2569,594
5	245,761	941,5786	58,6268	3134,773
			Сумма:	9788



Таблица 1. Часть таблицы расчета объема денудационного среза по створу долины по представленному графику.

Под денудационным срезом, согласно С.С. Воскресенскому (1985), понимается пространство, которое ранее было заполнено горными породами, но в следствии денудационных процессов к настоящему моменту было уничтожено [2], [3]. В работе И.С. Воскресенского и др., (2001) выявлена устойчивая связь между характеристиками денудационного среза и наличием россыпи в долинах [4].

Полученные данные в ходе работы по створам продуктивных долин в последствии были подвергнуты статистической обработке, где определялись основные статистические показатели. Полученное среднее арифметическое значение по выборке из продуктивных долин соответствует наиболее благоприятному значению объема денудационного среза для формирования россыпи. Полученные значения меры изменчивости распределения позволили определить граничные значения объема денудационного среза, при котором ожидается встретить россыпь, при условии, что в пределах бассейна существуют питающие коренные источники.

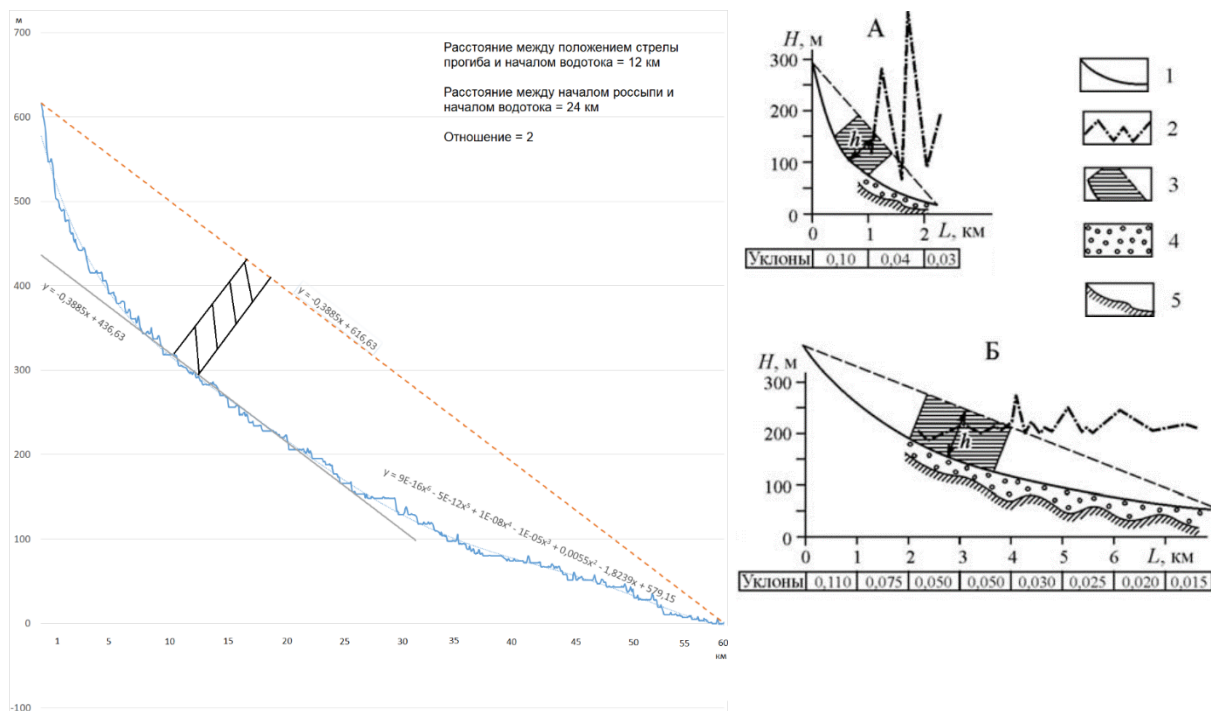


Рисунок 3. Положение россыпей относительно стрелы прогиба продольного профиля речной долины А – горного типа с развитыми русловыми формами; Б – полугорного типов. 1 – продольный профиль; 2 – график обогащенности; 3 – участок положения стрелы прогиба; 4 – аллювиальные отложения; 5 – номера разведочных линий; 6 – мощность аллювия; 7 – коренные породы; Определение положения стрелы прогиба в одной из долин Яно-Оймьяконо-Колымской геоморфологической провинции.

Для дальнейшего уточнения положения россыпи в пределах выявленных продуктивных долин использовался, посчитанный коэффициент «положение стрелы прогиба относительно положения россыпи» (рис.3). Положение стрелы прогиба в продольном профиле речной долины определяется величиной перпендикуляра, восстановленного из точки максимального вреза на прямую, соединяющую верховье и устье реки. Данный показатель характеризует границу изменения направленности эрозионно-аккумулятивных процессов [5]. Считается, что ниже по течению от стрелы прогиба вследствие резкого уменьшения уклонов происходит аккумуляция наносов, в том числе россыпей. Поэтому положение стрелы прогиба в поперечном профиле определяет начало золотоносных россыпей, часто максимум ее продуктивности. Однако зачастую положение россыпи от начала водотока определяется некоторым отношением к положению стрелы прогиба. Это отношение сохраняется для водотоков внутри одной геоморфологической провинции.

Заключение

Итоговые значения послужили основой для составления специализированных прогнозных карт на наличие и уточнение положения россыпей для Яно-Оймьяконо-Колымской геоморфологической провинции.

Библиография

1. Симонов Ю. Г. Морфометрический анализ рельефа. – 1998.
2. Столяров И.О. Эрозионно-денудационный вырез некоторых россыпных провинций Дальнего Востока//Тезисы международной научной конференции «Молодые исследователи регионам». Вологда, 2019. С 593 – 595.
3. Украинцев В.Ю., Воскресенский И.С. Денудационный срез Северных Увалов// вестник Пермского университета Том 19 №3/Пермь Изд-во Пермского университета, 2020. С. 195 – 208.
4. Воскресенский И.С., Каревская И.А. Ковалев С.Н. - Позднекайнозойский эрозионно-денудационный вырез и прогнозная оценка россыпей Дальнего Востока России // Проблемы геологии и металлогении северо-востока Азии на рубеже тысячелетий. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. Т. 3. Четвертичная геология, геоморфология, россыпи. С. 60–63.
5. Виноградова О. В., Хмелева Н. В. Русловые процессы и формирование аллювиальных россыпей золота //М.: МГУ. – 2009.

*Изучение потенциала нейросетевых технологий в области извлечения линейных структур из цифровой модели рельефа SRTM. Гришков Г.А. * (ИГЕМ РАН, г. Москва, gorgulini@yandex.ru), Нафизин И.О. (ИГЕМ РАН, г. Москва, nafigin@igem.ru), Устинов С.А. (ИГЕМ РАН, г. Москва, ustinov@igem.ru), Петров В.А. (ИГЕМ РАН, г. Москва, vlad243@igem.ru), Минаев В.А. (ИГЕМ РАН, г. Москва, minaev2403@mail.ru)*

Аннотация

Работа направлена на прикладное применение нейросетевых технологий для решения задачи автоматического выделения линейных структур (линеаментов) человекоподобным образом на базе цифровой модели рельефа SRTM. Ключевым преимуществом технологий нейронных сетей перед классическими алгоритмами является поиск универсальных критериев выделения линеаментов на основе обучающей выборки, т.е. линейных структур, выделенных оператором. В рамках работы предложены авторские методики подготовки исходных данных, векторизации результатов работы нейронной сети и экспорта их в геоинформационную среду (ГИС). Помимо этого предложен и реализован подход по минимизации шумовой компоненты обучающей выборки и оптимизации подбора синаптических весовых коэффициентов за счет дообучения нейронной сети смоделированными данными, отражающими различные условия локализации линеаментов. С целью верификации проведено пространственное сравнение результатов работы нейронной сети и линеаментов, выделенных оператором. Сделаны положительные выводы о целесообразности использования предложенных разработок.

Ключевые слова

Нейронная сеть, линеамент, цифровая модель рельефа, геологические пространственные данные, геоинформационные системы

Источники финансирования

Работа проведена в рамках базовой темы государственного задания ИГЕМ РАН.

Теория

Линеаментный анализ обычно проводится для заверки известных разломов, выявления разломно-трещинных структур и детализации каркаса разрывных нарушений. Данный анализ является одним из наиболее эффективных дистанционных методов изучения каркаса разрывных нарушений и глубинного строения территорий [2]. Термин «линеамент» (от лат. lineamentum - линия, черта, контур) введен в литературу американским геологом У. Хоббсом в 1911 г. для обозначения вытянутых в одном направлении линейных элементов рельефа и геологических структур [5].

На текущий момент существует множество подходов к выделению линеаментов. Они основаны на выполнении последовательных алгоритмов (математических функций) и имеют перечень входных параметров (переменных), что в свою очередь приводит к неоднозначности результатов выделения линейных объектов. Привлечение

нейросетевых технологий позволяет нивелировать эти недостатки и, следовательно, устанавливать универсальные критерии выделения линеаментов.

В связи с тем, что на данный момент отсутствуют опубликованные научные работы по выделению линеаментов с применением нейросетевых моделей, изложенные в этой работе результаты представляют значительный вклад в область разработки подходов к решению обозначенной задачи.

Самая важная часть в создании нейросетевой модели это обучение [3]. В основе нейросетевых технологий лежат не стандартные алгоритмические условия, как в большинстве программного обеспечения (ПО), а вероятностная модель, использующая регрессионный или классификационный подход для прогнозирования результата [1].

Данные ЦМР и линеаментов использовались при обучении нейронной сети в виде входных и выходных параметров. ЦМР – это особый вид трёхмерных математических моделей, представляющий собой отображение рельефа как реальных, так и абстрактных геополей (поверхностей) [4]. В качестве ЦМР использовались результаты радиолокационной топографической съёмки – «Shuttle Radar Topography Mission» (SRTM) (рис. 1).

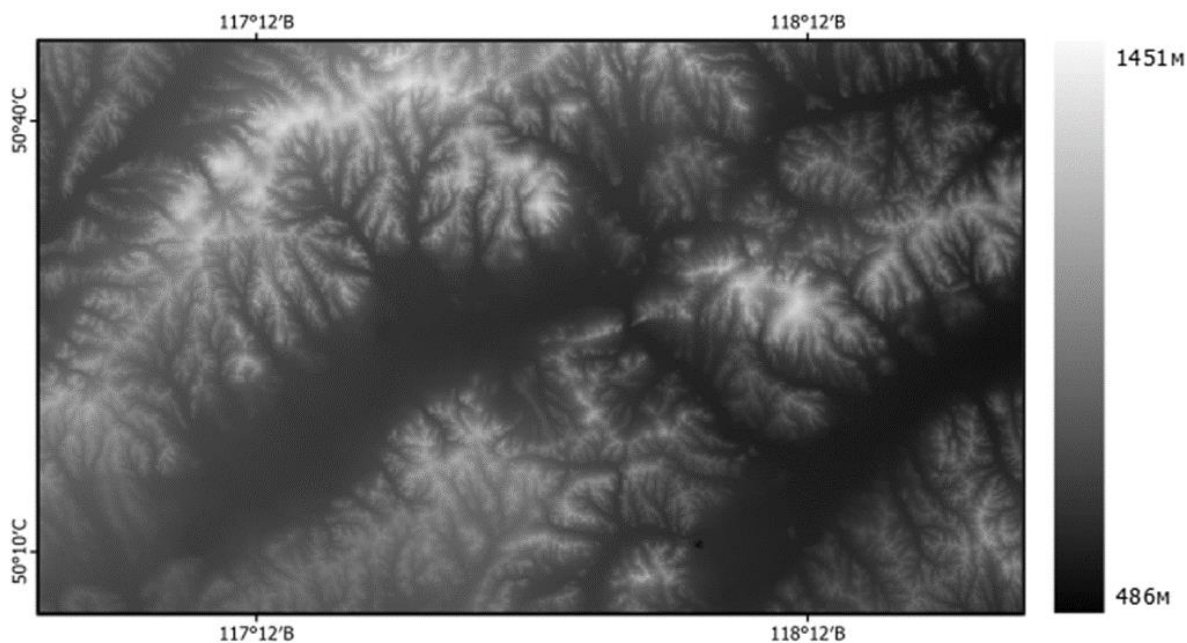


Рисунок 22. Визуализация цифровой модели рельефа исследуемой территории на базе SRTM.

В связи с тем, что количество входных и выходных параметров в ходе обучения нейронной сети фиксировано, ЦМР и линеаменты разбиты на отдельные фрагменты и преобразованы в матричный вид.

Так как качество подготовленной обучающей выборки невозможно оценить эмпирически, а только визуально, т.е. невозможно однозначно математически описать модель поведения всех линеаментов, нами предложено смоделировать наборы идеальных данных и дообучить на них нейронную сеть. Смоделированные данные

можно представить в виде растрового изображения, значения пикселей которого соответствуют высотным отметкам.

На рис. 2 представлен результат работы выделения линеаментов ручным способом (рис. 2а) и результат выделения линеаментов в ходе работы нейронной сети после ее дообучения (рис. 2б).

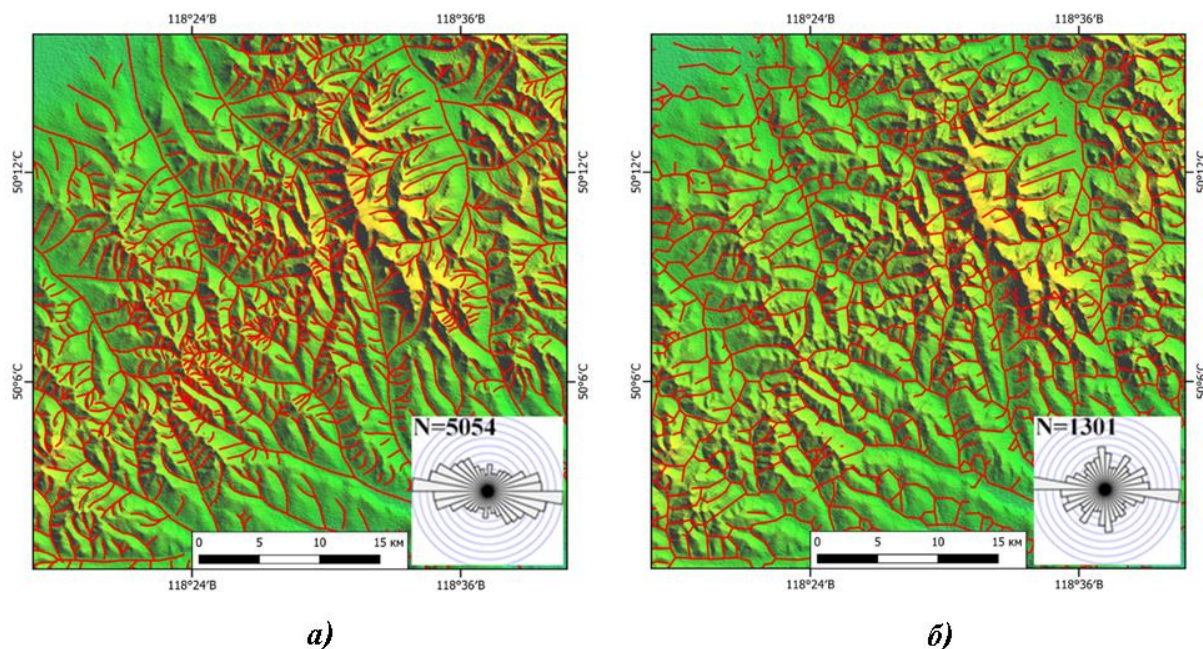


Рисунок 23. Линеаменты, показанные красным цветом: а) выделенные ручным способом; б) выделенные нейронной сетью.

Выделенные нейронной сетью линеаменты по большей части отражают линеаменты выделенные вручную. Хорошо согласуются как протяженные, так и мелкие структуры. Наличие линеаментов в тех местах, где интерпретация оператором не была проведена, обуславливается чувствительностью к незначительным перепадам высот, которые очень затруднительно определить человеческому глазу. Также по результатам работы нейронной сети можно наблюдать широкое распространение закольцованных структур, что возможно отражает блоковое строение рельефа или эрозионной сети.

Для удобства работы с разработанной нейронной сетью создан интуитивно понятный графический интерфейс – NeuroLen. В разработанном ПО все входные параметры подбираются автоматически. Оператору достаточно загрузить обрабатываемое изображение. Также добавлена функция выбора части окна, если не требуется обрабатывать изображение целиком.

Выводы

Впервые решена задача по выделению линеаментов с применением нейросетевых моделей. Установлено, что обучение нейросетевых моделей на естественных и смоделированных данных оптимизирует подбор параметров, которые влияют на результаты интерпретации нейронной сети. Создана нейросетевая модель, обеспечивающая автоматическое выделение линеаментов человекоподобным образом.

Разработана методика автоматической векторизации результатов работы нейронной сети, их географической привязки и экспорта в ГИС. Создан графический интерфейс для удобства работы с разработанным программным обеспечением.

Библиография

1. Гришков Г.А., Устинов С.А., Нафигин И.О., Петров В.А. Нейронные сети и возможности их применения для анализа пространственных геологических данных / Новые идеи в науках о Земле. Материалы XV Международной научно-практической конференции. В 7-ми томах. М.: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2021. – С. 33-36.
2. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. – М.: Недра, 1986. 144 с.
3. Степанов П. П. Искусственные нейронные сети / П. П. Степанов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый, 2017. № 4 (138). С. 185-187.
4. Тикунов В. С. Геоинформатика: учебное пособие для студентов. Москва: МГУ. 2008. 361 с.
5. Чернова И.Ю., Учебно-методическое пособие «Автоматизированный линеаментный анализ» / И.Ю. Чернова, И.И. Нугманов, Р.И. Кадыров – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012. – 38 с.

*Обзор возможностей создания карт возрастов домов на примере города Краснодар.
Даишева А.М.* (КубГУ, hw-almira@yandex.ru), Пелина А.Н. (КубГУ,
pelina_a@mail.ru).*

Аннотация

В последние годы быстрыми темпами меняется облик города Краснодар. Территории меняют свое функциональное назначение и на новых территориях возводят современные жилые и офисные кварталы. Это неизбежный ход развития любого города в настоящее время. В такой ситуации необходимо привлечь внимание к сохранению исторического облика города. Историческая застройка, состоящая из пластов разных эпох, определяет индивидуальность города, помогает познать культуру и черты народа, проживавшего на этой территории [1]. Краснодар – удивительный город, где в одном квартале могут соседствовать друг с другом дома совершенно разных годов постройки: дореволюционные купеческие дома и современные строения.

Существуют карты, показывающие возраст домов, их архитектурный стиль для зарубежных городов, таких как Рейкьявик, район Манхэттен. Имеются проекты, охватывающие страну – Нидерланды. Также существуют карты для российских городов: Москва, Санкт-Петербург, Казань, Волгоград. Но отсутствуют подобные карты для Краснодара.

Объект исследования – здания и сооружения Краснодара.

Цель работы: создание карты «Возраст домов города Краснодара» в рамках сотрудничества с компанией «Геосемантика» для проекта «how-old-is-this.house» издательства «Кон-Тики».

Ключевые слова

Геоинформатика, карты возрастов, Краснодар, Геосемантика, how-old-is-this.house.

Теория

Введем понятие «скрипт». Скрипт в переводе с английского означает сценарий. В случае геоинформатики под определением скрипт понимается набор последовательных команд-инструментов, выполняющих конкретные задачи.

Для создания карт возрастов домов проекта «how-old-is-this.house» Александром Качкаевым был написан скрипт для автоматического сбора информации из 7 разных источников [4]:

- МинЖКХ;
- Министерство культуры Российской Федерации;

- OpenStreetMap (OSM);
- Росреестр;
- Викиданные;
- Викимапия;
- Викигид.

Инструментарий позволяет собрать набор атрибутивных данных, таких как: год постройки, этажность, адрес, архитектор, фотография, ссылки на дополнительную информацию.

Сам процесс состоит из запуска команд в терминале в определенной последовательности. Для начала работы скрипта необходимо указать территорию сбора информации и дополнительные характеристики.

Также необходимо дать понятие определению API – (англ. Application Programming Interface — программный интерфейс приложения) – это набор методов и правил, по которым программы общаются между собой и обмениваются данными.

Работа скрипта сводится к работе с API следующих информационных ресурсов: Росреестр, МинЖКХ, OSM и других, указанных выше. В результате скрипт обрабатывает полученные ответы, отсекая информацию, которая не требуется в дальнейшем и сохраняет информацию на компьютере.

После сбора данных из вышеуказанных источников скрипт создает локальный каталог координат. Геокодирование – связывание координат объекта и его адреса. Таким образом будет уменьшено количество задний без координат. Затем исходные данные и каталог координат приводятся к единому формату.

В процессе можно анализировать промежуточный результат. В случае нахождения некорректных данных создавались слои-заплатки или редактировались данные в источнике OSM. В дальнейшем правки вносились непосредственно в опубликованный проект.

Готовая карта была опубликована на портале Геосемантика для проекта «how-old-is-this.house» издательства «Кон-Тики».

Поскольку была получена информация об этажности и годах постройки, то можно выдвинуть гипотезу, что более поздняя застройка отличается более высокой этажностью.

Полученные данные также были опубликованы на сайте kepler.gl для визуализации этажности города. Цвета соответствуют этажности. Желтый цвет – малоэтажная застройка (1–3 этажа), оранжевый цвет – среднеэтажная застройка (3–5 этажей), оттенки красного – многоэтажные здания (5 и более этажей).

Действительно, если сопоставить две карты, «Возраст домов» и «Этажность» (Рисунки 1–2), то визуально заметно, что центральная историческая часть города

представлена малоэтажными зданиями, в то время как новые районы представлены многоэтажными зданиями и сооружениями.



Рисунок 24. Карта возраста домов Краснодара [2]

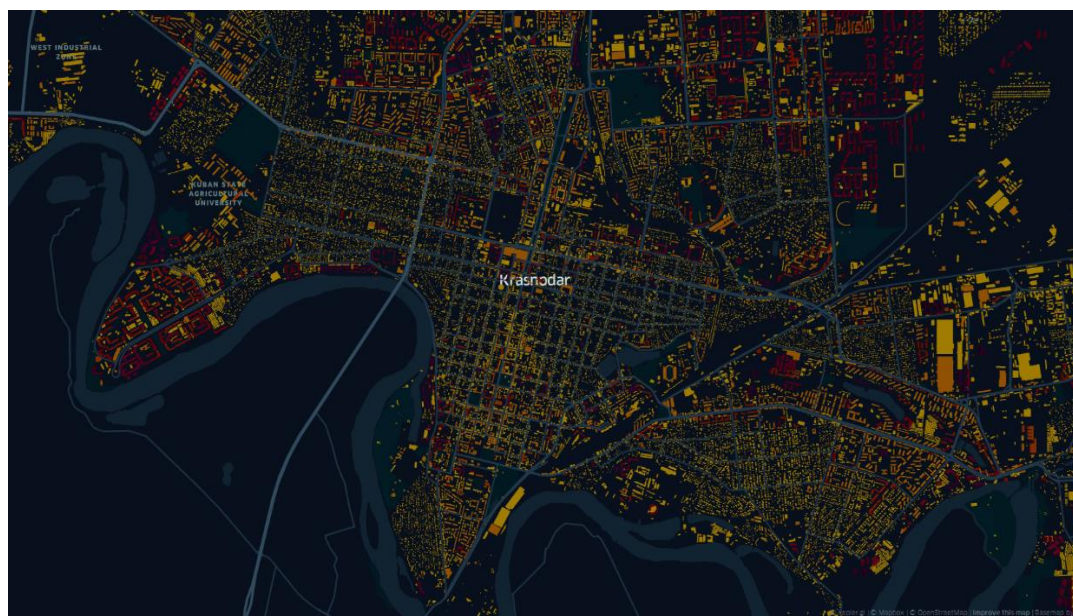


Рисунок 25. Этажность зданий и сооружений Краснодара [3]

Выводы

Анализируя процесс создания и готовую карту возраста домов Краснодара, можно отметить ряд особенностей и недостатков, особенно заметных при сравнении с аналогичными картами для других городов. К особенностям можно отнести быстрый рост количества возводимых зданий и сооружений, что сказывалось в ходе обработки материала на конечный результат. Например, в Краснодаре в 2018 году было возведено наибольшее количество зданий – более 4 тысяч. В то время как в других городах-

миллионерах, опубликованных на сайте, данный показатель не превышает 1500 зданий независимо от года.

К недостаткам относится низкое качество исходного материала геометрии зданий, полученной с карт OSM. Данную проблему можно объяснить тем, что любой пользователь Интернета, не имеющий профильного образования, может вносить правки карты без дополнительного контроля со стороны картографов. Также стоит отметить медленное обновление данных карт.

Еще одним недостатком является дефицит данных Росреестра. При более детальном покрытии площади города данными Росреестра, карта возрастов отразила бы более подробный результат.

Анализируя карту этажности Краснодара, можно сделать следующие выводы: для Краснодара характерен малоэтажный исторический центр, где средняя этажность составляет 1–3 этажа; отдельные районы города состоят из малоэтажных частных домов; развитие и застройка районов сконцентрирована вдоль основных автомобильных трасс; новые районы представляют собой многоэтажные многоквартирные дома, где средняя этажность равна 16 этажам.

Библиография

1. Даишева, А. М. Составление карты «Периоды городской застройки» для Центрального микрорайона города Краснодара / А. М. Даишева, А. Н. Пелина // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 80-7. – С. 79-82. – DOI 10.18411/trnio-12-2021-329. – EDN CJLXFD.
2. Карта возраста домов Краснодара : сайт / how-old-is-this.house. – URL: <https://kontikimaps.ru/how-old/krasnodar?p=h-kda> (дата обращения: 11.02.2023).
3. Этажность Краснодара : сайт / kepler.gl. – URL: https://kepler.gl/demo/map?mapUrl=https://dl.dropboxusercontent.com/s/3arcvtib44wf8rh/keplergl_f64r2k.json (дата обращения: 11.02.2023).
4. Kachkaev/tooling-for-how-old-is-this-house : сайт / GitHub. – URL: <https://github.com/kachkaev/tooling-for-how-old-is-this-house> (дата обращения: 11.02.2023).

WEB-технологии для публикации ГИС- проектов, созданных в геоинформационной системе INTEGR0. Деева М.В.* (ФГБУ ВНИГНИ, m.deeva@geosys.ru), Толмачева Е.Р. (ФГБУ ВНИГНИ, e.tolmatcheva@geosys.ru), Деев К.В. (ФГБУ ВНИГНИ, k.deev@geosys.ru)

Аннотация

В докладе представлена технология публикации в интернете проектов, созданных в географической информационной системе INTEGR0 (разработчик ФГБУ ВНИГНИ).

Исходный ГИС-проект может включать в себя различные данные: векторные, растровые, поверхности, разрезы, цифровые модели рельефа. На основе данных в проекте сформированы двумерные или трёхмерные карты; оформленные макеты, подготовленные к печати; планшеты и корреляции скважин; таблицы. Все эти элементы ГИС-проекта передаются в web-публикацию.

Технически публикация проектов осуществляется на основе тайловой графики с использованием языка гипертекстовой разметки документов (HTML) и формата хранения географических структур данных (geoJSON) [1-2].

Ключевые слова

Интернет, ГИС-проект, тайлы, гиперссылки.

Теория

ГИС INTEGR0 - это современная картографическая геоинформационная система с расширенными возможностями для решения геологических и геофизических задач. В INTEGR0 реализованы современные алгоритмы представления и обработки геоданных, разработаны собственные оригинальные научно-методические и технологические подходы к решению предметных задач. В последней версии программы добавлена возможность публикации ГИС-проектов в интернете.

С точки зрения пользователя публикация происходит следующим образом. Собранный и оформленный проект в INTEGR0 с помощью утилиты преобразуется в набор данных, включающий общий файл запуска `index.html`, каталоги элементов проекта и каталог с библиотеками для отображения веб-страниц [3].

На рисунке 1 представлен фрагмент стартовой страницы публикации ГИС-проекта в интернете. Все строки списка элементов являются гиперссылками.



Рисунок 26. Фрагмент стартовой страницы веб-версии ГИС-проекта

Технически публикация проектов осуществляется на основе тайловой графики с использованием языка гипертекстовой разметки документов (HTML) и формата хранения географических структур данных (geoJSON). Утилита использует для формирования набора данных выбранные пользователем элементы текущего ГИС-проекта. Для двумерных карт есть возможность указать активный слой. В публикации объекты активных слоёв подсвечиваются при наведении курсора. У объектов активных слоёв можно просматривать атрибутивные данные и переходить по гиперссылке. Также пользователем устанавливается количество уровней тайлов для каждого элемента проекта. Тайлы - метод создания больших изображений из маленьких растровых фрагментов одинаковых размеров, позволяющий экономить время и трафик [4].

Для каждого элемента проекта создается отдельный каталог, содержащий:

- наборы тайлов по количеству указанных пользователем уровней
- легенду для каждого слоя в формате PNG
- локальный стартовый HTML-файл для просмотра данных только текущего каталога
- файлы для отображения атрибутивной информации активных слоёв.

Публикация может содержать гиперссылки на другие HTML-страницы самого проекта или ссылки на внешние сайты. Такие ссылки настраиваются в интерфейсе ГИС-проекта и автоматически передаются в публикацию. При этом от пользователя не требуется навыков конструирования веб-страниц.

Такая публикация сохраняет все преимущества ГИС-проекта: просмотр двумерных карт в различных масштабах, интерактивная визуализация трехмерных карт с возможностью включения слоев, переходы между взаимосвязанными элементами.

На рисунке 2 проиллюстрирован переход от линии профиля на двумерной карте к изображению его разреза и отображение в 3D карте сетки разрезов по профилям.

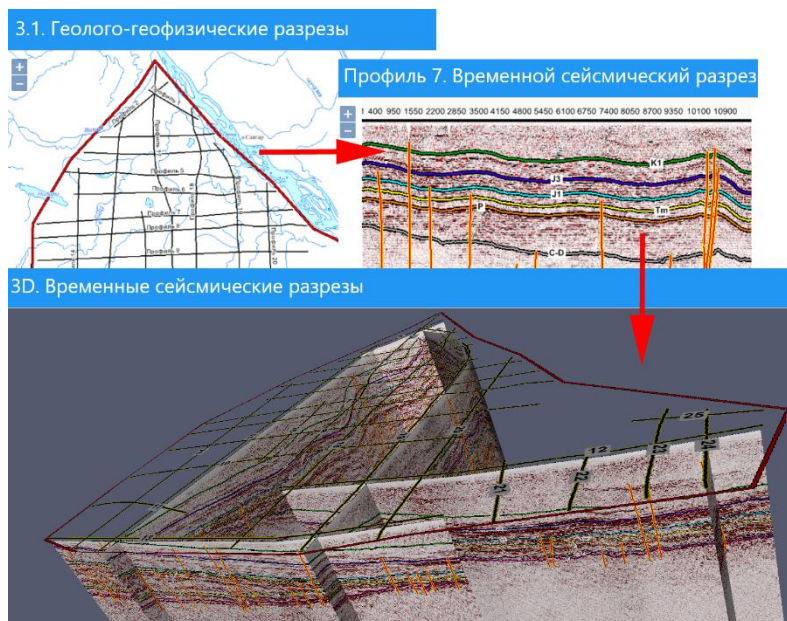


Рисунок 27. Профили и разрезы в различных способах визуализации.

На данный момент реализована возможность показа данных на двумерных и трёхмерных сценах; показ макетов, включая зарамочное оформление: штамп, масштабные линейки и т.д.; визуализация таблиц (без привязанной геометрии); показ каротажа скважин на планшетах и корреляции разрезов скважин.

Выводы

Благодаря интернету появились новые возможности во всех областях жизни. ГИС-проекты различной тематики зачастую объёмны и всегда требуют наличия соответствующего программного обеспечения. Публикация проекта в интернете не является полноценным ГИС-проектом, но она позволяют любому заинтересованному специалисту увидеть, из чего состоит конкретный ГИС-проект, как данные в нем связаны между собой, какую атрибутивную информацию имеют объекты. При этом публикация не содержит привязки к программе, в которой создан ГИС-проект.

Библиография

1. Мержевич, Влад. HTML и CSS на примерах. / Влад Мержевич. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 448 с.
2. Цветков, В.Я. Тайловое представление пространственной информации. / В.Я. Цветков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 10 (часть 4) — С. 670-671

3. Геоинформационные технологии для природопользования [Электронный ресурс]. – Москва – 1998-2023 Режим доступа: <http://www.gis-integro.ru>, свободный
4. Описание формата хранения географических данных geoJSON [Электронный ресурс]. / S. Gillies, S. Hagen, T. Schaub // Planet Labs – 2016. – Режим доступа: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7946>, свободный

Эффективность и широта применения машинного обучения в геологии. Кораблёва А.А. *(МГРИ, annakorableva09@gmail.com), Морочко А.Ф. (МГРИ, morochkoaf@mgri.ru)

Аннотация

Решение задачи прогнозирования в системах, характеризующихся проблемой подбора традиционного алгоритма для её описания, приводит к технологии машинного обучения. В настоящее время активность применения технологий машинного обучения в геологии значительно выросла, так как для обработки и интерпретации геолого-геофизических данных многими компаниями отрасли используются моделирование и прогнозирование с помощью искусственных нейронных сетей.

Тема исследования заключалась в оценке положительных сторон внедрения алгоритмов машинного обучения в геологию, а также в указании сложности применения и возможных дальнейших путей развития. При этом рассмотрены отрасли геологии на предмет использования машинного обучения и выбрана та, в которой использование МО, на сегодняшний день, наиболее популярно. Для лидирующей области рассмотрены примеры использования машинного обучения для сбора, хранения и обработки информации, их популярность и эффективность.

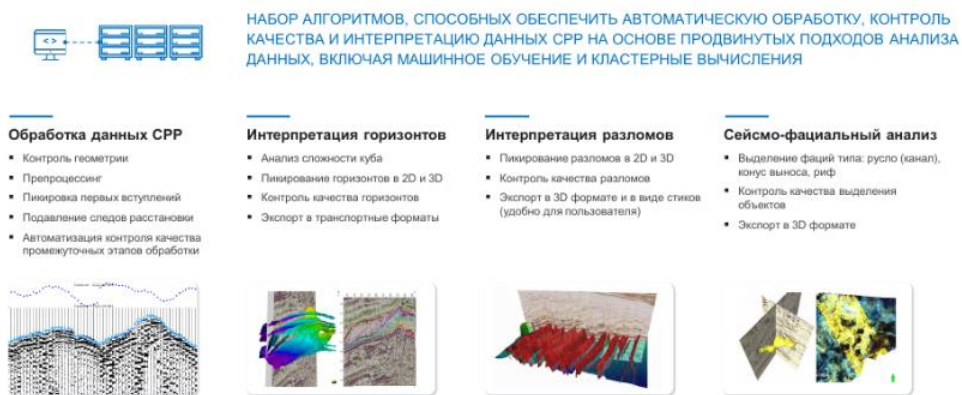
Ключевые слова

Машинное обучение, магниторазведка, сейсморазведка, электроразведка, MLA (Machine Learning Algorithms), Statistica.

Теория

Машинное обучение или самообучающийся алгоритм является одним из направлений в искусственном интеллекте, который с помощью алгоритмов «обучения», набора математических и статистических методов, используемых для анализа данных, значительно упрощает процесс обработки той или иной информации (рис.1)

Основной функционал разработанных алгоритмов



НАБОР АЛГОРИТМОВ, СПОСОБНЫХ ОБЕСПЕЧИТЬ АВТОМАТИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ИНТЕРПРЕТАЦИЮ ДАННЫХ СРР НА ОСНОВЕ ПРОДВИНУТЫХ ПОДХОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ, ВКЛЮЧАЯ МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И КЛАСТЕРНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Обработка данных СРР	Интерпретация горизонтов	Интерпретация разломов	Сейсмо-фациальный анализ
<ul style="list-style-type: none"> Контроль геометрии Препроцессинг Пилровка первых вступлений Поддавление следов расстановки Автоматизация контроля качества промежуточных этапов обработки 	<ul style="list-style-type: none"> Анализ сложности куба Пилрование горизонтов в 2D и 3D Контроль качества горизонтов Экспорт в транспортные форматы 	<ul style="list-style-type: none"> Пилрование разломов в 2D и 3D Контроль качества разломов Экспорт в 3D формате и в виде стикера (удобно для пользователя) 	<ul style="list-style-type: none"> Выделение фаций типа: русло (канал), конус выноса, риф Контроль качества выделения объектов Экспорт в 3D формате

Рисунок 1. Основной функционал разработанных алгоритмов (1)

Отличительным признаком машинного обучения является использование так называемой «обучающей выборки», от качества которой (полноты, взаимной независимости, количества данных, и других параметров) существенно зависит результат.

Безусловно, как и любой другой продукт, машинное обучение имеет свои преимущества, а также ряд сложностей.

Таблица 1. Сложности и преимущества внедрения машинного обучения в геологию. [2]

Преимущества	Сложности
Алгоритмы способны обрабатывать большие объёмы входных переменных, выявлять закономерности в комплексных многомерных наборах данных.	Чтобы результат был наиболее точным, необходимо ввести и обработать большой набор данных, что требует существенных материальных затрат.
Машинный алгоритм способен самостоятельно выявлять закономерности, предоставляя тем самым объективную оценку информации.	Большинство алгоритмов работают только на выверенных данных, надлежащим образом организованных и преобразованных в требуемый цифровой формат.
Обученный алгоритм обладает известной точностью, которую можно определить по полученным результатам анализа.	При сборе данных необходимо понимать, какие из них подходят для решения конкретной ситуации, а также организовать их предварительную обработку и интерпретировать прогноз алгоритма.
После обучения алгоритм способен предоставлять однотипные прогнозы, одним и тем же входным данным всегда соответствуют одни и те же выходные данные.	Необходимо исследовать различные алгоритмы обучения для выбора алгоритма, показывающего наиболее высокую точность на контрольной выборке.
Обученный алгоритм способен быстро обрабатывать большие объёмы данных, в течение нескольких минут представлять их интерпретацию	Тиражирование обученной модели на другое месторождение требует ее дообучения, или переобучения, вследствие региональных особенностей.

Подводя итог вышесказанному: машинное обучение способно значительно облегчить и повысить эффективность решения большого количества сложных, повторяющихся задач, но при этом не может полностью заменить деятельность специалиста, так как прогнозы, основанные на неполных или неправильно построенных моделях, могут привести к неверным прогнозам и к потерям.

Машинное обучение находит своё применение в разных отраслях геологии. Нами были выбраны 7 из них: геофизика, геохимия, инженерная геология, тектоника, вулканология, геология полезных ископаемых, геоэкология. Согласно источникам, был

подсчитан процент вовлечения технологий в каждую из указанных областей и выявлена наиболее актуальная из них (Рис.2).



Рисунок 2. Применение машинного обучения в различных отраслях геологии

Исходя из результатов исследования, мы выяснили, что наиболее развито машинное обучение в таких областях геологии, как: геофизика, геохимия и геология полезных ископаемых, при этом лидирующую позицию занимает геофизика.

За накопление и обработку полученных данных отвечают методы МЛА (Machine Learning Algorithms). Они имеют открытые исходные коды и ориентированы на минимальное интерактивное вмешательство. [3]

Для анализа данных также используется программа Statistica, которая включает в себя программный пакет для статистического анализа, разработанный компанией StatSoft, реализующий функции анализа данных, управления данными, добычи данных, визуализации данных с привлечением статистических методов. [4]

Выводы

Применение технологий машинного обучения в геологии имеет больше преимуществ, нежели недостатков. Чаще всего используется для решения задач, связанных с обработкой геофизических данных. Эффективность и применимость на сегодняшний день зависят от качества имеющихся исходных данных для обучающей выборки.

Библиография

1. Краткая экскурсия по программе Statistica, интернет-ресурс, <https://hr-portal.ru/statistica/gl1/gl1.php> (9.02.2023)
2. Машинное обучение и искусственный интеллект в геологии, интернет-ресурс, <https://zolotodb.ru/article/12356> (4.02.2023)
3. Применение методов машинного обучения для прогноза или замещения недостающих каротажных данных, интернет-ресурс,

<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-mashinnogo-obucheniya-dlya-prognoza-ili-zamescheniya-nedostayuschih-karotazhnyh-dannyh> (8.02.2023)

4. Применение технологий искусственного интеллекта для задач геологоразведки, интернет-ресурс, <https://docs.yandex.ru> (10.02.2023)

Предупреждение встреч стволов скважины при бурении методом индукционного каротажа. Костин В.В. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kostin.spe@gmail.com). Научный руководитель: Овезов Батыр Аннамухаммедович (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, ovezovba@mgri.ru), соавтор: Щербакова Ксения Олеговна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, sheerbakovak@mgri.ru), Календарова Лейли Рустамовна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kalendarovalr@mgri.ru)*

Аннотация

В данной работе представлен метод по раннему обнаружению пересечения стволов скважин, который не допускает возникновения аварийных ситуаций на опасных производственных объектах. Изобретение относится к кустовой разработке месторождений нефти и газа при использовании направленного бурения с применением программного обеспечения. Оно заключается в контроле расстояния при бурении скважины относительно колонн уже пробуренных ранее.

Ключевые слова

Автоматизированная система, бурение скважин, пересечение скважин, Опасный производственный объект, программное обеспечение.

Теория

На сегодняшний день пересечение стволов скважин приобретает особую актуальность. Об этом свидетельствует большое количество ликвидированных скважин, с которыми возможны столкновения при бурении новых [3,7]. Это приводит к техногенной аварии, последствия которой отрицательно влияют на экологическую обстановку прилегающей территории. Помимо этого каждая авария негативно сказывается на экономике предприятия [1].

При выработке новой скважины, необходимо учесть возможность ее пересечения с уже существующими. Для прогнозирования и предотвращения встречи скважин предложена автоматизированная система. Изобретение относится к кустовой разработке месторождений нефти и газа при использовании направленного бурения с применением программного обеспечения. Оно заключается в контроле расстояния при бурении скважины относительно колонн уже пробуренных ранее [5]. В глубинной части системы находится генератор электромагнитных колебаний, выполненный в виде установленного над долотом диполя, обеспечивающего электромагнитную связь между участками цепей, образованных колоннами ранее пробуренной и новой скважин, усилитель-преобразователь сигнала и антенна, бесперебойно передающая сигнал на поверхность, в компьютер (рис. 2)[8]. Полученные данные обрабатываются в специальной программе и представляются в виде графиков, по которым уже можно делать выводы о дальнейшем направлении бурения скважины [2].

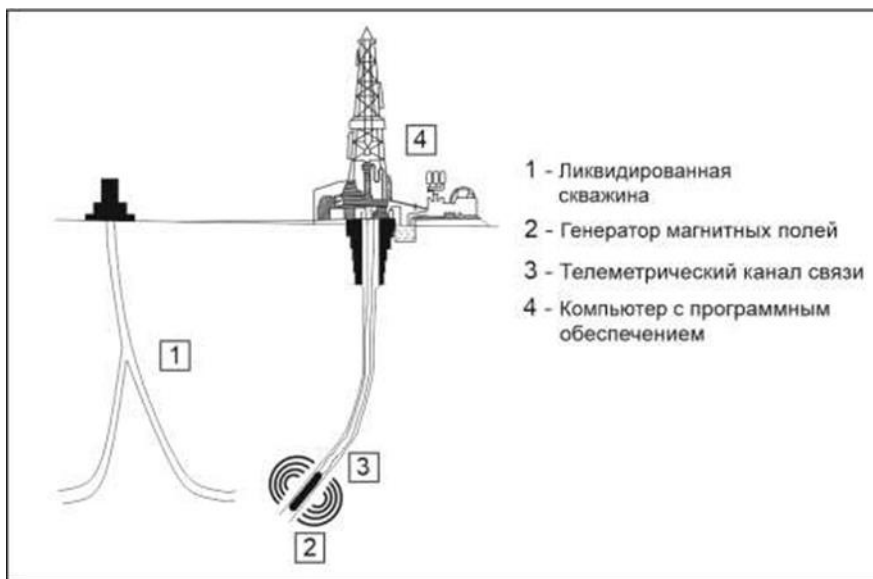


Рисунок 1. Система предупреждения встречи стволов

В процессе бурения скважины индукционная катушка создаёт первичное электромагнитное поле, индуцируемое в породу (рис.2). В результате этого в породе возникают вихревые токи, создающие в свою очередь вторичное электромагнитное поле. Возникающее в данном процессе вторичное поле зависит от проводимости породы и фиксируется приёмной катушкой[9]. Проводимость измеряется в единицах проводимости См/м (Сименс на метр) или пересчитывается в сопротивление. Отслеживая изменение значений указанного электрического сопротивления постоянно в процессе бурения, появляется возможность получать информацию о расстоянии между долотом при бурении скважины и колонной ранее пробуренной скважины [4].

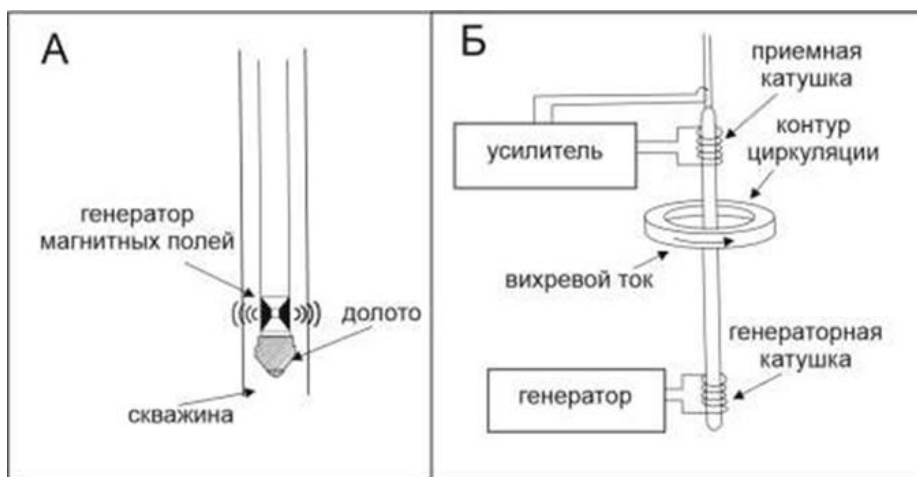


Рисунок 2. Схема работы автоматизированной системы предупреждения. А – Подземная часть системы. Б – Устройство генератора магнитных полей

Исходя из полученной информации в режиме реального времени производят сравнение значения контролируемого расстояния с априори установленным максимальным значением расстояния и при его достижении производят отключение

бурового насоса и/или оперативное оповещение путем звуковой и световой сигнализации [6,10].

Выводы

Данная технология является передовой в силу своих качеств, таких как: точность получения данных, скорость передачи данных (в связи с беспроводным соединением), современное программное обеспечение (для точной интерполяции данных). Она позволяет своевременно предотвратить аварийные ситуации, избежать экономических потерь для предприятия, не допустить возможные природно-техногенные катастрофы.

Библиография

1. Ovezov, B. A. iMAG / B. A. Ovezov, N. V. Solovev, A. M. Mashkova // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources : Scientific conference abstracts, St Petersburg, 17–19 июня 2020 года. Vol. 1. – St Petersburg: Санкт-Петербургский горный университет, 2020. – P. 94-96. – EDN PDZWHL.
2. Автоматизированная система для предупреждения пересечений стволов скважин / В. В. Костин, Б. А. Овезов, А. М. Машкова, Н. В. Соловьев // Молодые - Научкам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 231-234. – EDN JHINTT.
3. Алгоритм многоуровневого анализа для коррекции влияния магнитных возмущений в процессе бурения наклонно- направленных скважин (imag) / Б. А. Овезов, А. М. Машкова, К. О. Щербакова, Н. В. Соловьев // Новые материалы и перспективные технологии : ШЕСТОЙ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ, Москва, 23–27 ноября 2020 года. Том 2. – Москва: ЦЕНТР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ (АНО ЦНТР), 2020. – С. 677-682. – EDN IMIVPL.
4. Анализ возникновения вибраций в процессе бурения / Д. А. Кузнецова, Б. А. Овезов, К. О. Щербакова, Л. Р. Календарова // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2022. – № 11(131). – С. 88-93. – EDN ТКСКХН.
5. Анализ существующей проблемы с вибрациями в телеметрических системах и модернизация алгоритмов работы / Б. А. Овезов, К. О. Щербакова, Л. Р. Календарова, Д. А. Кузнецова // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2023. – № 1(361). – С. 20-25. – DOI 10.33285/0130-3872-2023-1(361)-20-25. – EDN SXDZRG.
6. Внедрение наддолотного модуля / А. В. Мефодьева, А. М. Машкова, Н. В. Соловьев [и др.] // Молодые - Научкам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 264-266. – EDN UIBLCB.

7. Инклинометр МГРИ - Вибрации во время бурения / Е. Г. Шихбабаева, Н. В. Соловьев, А. М. Машкова [и др.] // Молодые - Научкам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 300-304. – EDN IBUARX.
8. Календарова, Л. Р. Аппаратный комплекс для увеличения количества передаваемой информации в процессе бурения / Л. Р. Календарова, Б. А. Овезов, А. Ю. Чекалов // Актуальные проблемы недропользования : тезисы докладов XVIII Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 15–21 мая 2022 года. Том 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2022. – С. 132-134. – EDN YFUFQS. Шакрамов, М. С. Наддолотный модуль телесистемы / М. С. Шакрамов, Л. Р. Календарова, Б. А. Овезов // Молодые - Научкам о Земле : Материалы IX Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 23 октября 2020 года / Редколлегия: В.А. Косьянов, В.Ю. Керимов, В.В. Куликов. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2020. – С. 188-190.
9. Костин, В. В. Автоматизированная система для предупреждения пересечений стволов скважин / В. В. Костин, Б. А. Овезов, А. М. Машкова // Сборник тезисов XII Международной научно-практической конференции : СБОРНИК ТЕЗИСОВ КОНФЕРЕНЦИИ, Ижевск, 15 апреля 2022 года. – Ижевск: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования "Международный институт компьютерных технологий", 2022. – С. 45-49. – EDN RXUONS. Игошева А.А. Обзор динамики и структуры фонда нефтяных скважин в России. // Журнал Инновационная наука – 2018, №11. С. 71-74.
10. Разработка лазерной сканирующей системы для автоматизации процесса измерения глубины скважин / Э. А. Азмамбетова, А. М. Машкова, Н. В. Соловьев [и др.] // Молодые - Научкам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 164-167. – EDN HPOJOO.

Решение проблем недропользования с помощью технологии IoT: уменьшение затрат, повышение эффективности и безопасности. Нагайцев М. В. *(МГРИ, nagaytsev@mgri.ru)

Аннотация

Рассматриваются проблемы, связанные с недропользованием, которые можно решить с помощью технологии IoT: неэффективное использование ресурсов, высокие затраты на производство, низкая безопасность и высокие риски для работников, негативное влияние на окружающую среду.

Технология IoT может помочь в решении этих проблем: автоматизация процессов и управление оборудованием, мониторинг состояния оборудования и среды, оптимизация производства и управление ресурсами, улучшение безопасности и снижение рисков, снижение воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова

Технология IoT, мониторинг, оптимизация, недропользование.

Теория

Технология IoT (Интернет вещей, Internet of Things) – представляет собой концепцию, согласно которой физические устройства и объекты, которые необходимы для повседневной жизни, могут быть подключены к Интернету и обмениваться информацией друг с другом. Это позволяет создать сеть взаимосвязанных устройств, которые могут обеспечивать автоматизированный обмен информацией и совместную работу для повышения эффективности, и удобства использования [2, 4].

Технология IoT представляет собой многоуровневую систему, включающую в себя датчики и контроллеры, установленные на узлах и агрегатах промышленного объекта, средства передачи собираемых данных и их визуализации, мощные аналитические инструменты интерпретации получаемой информации и многие другие компоненты [4].

Применение технологии IoT может быть очень разнообразным, от управления умным домом и автоматизации производственных процессов до создания инновационных медицинских устройств, и улучшения услуг общественного транспорта.

Возможности и вызовы внедрения технологии IoT в недропользовании: выбор оптимальной системы IoT и ее компонентов, интеграция с существующими системами, обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, обучение персонала, управление изменениями и другие [1, 5].

Примеры успешного применения технологии IoT в недропользовании:

1. Мониторинг состояния различного оборудования. Технология IoT позволяет отслеживать состояние оборудования, контролировать параметры среды и выявлять проблемы заблаговременно. Например, датчики могут измерять температуру, влажность, давление и другие параметры в различных участках шахты. При возникновении проблемы, система автоматически отправляет оповещения на мобильный телефон или электронную почту [2].

2. Управление технологическими процессами и оборудованием. Системы IoT могут помочь в управлении технологическими процессами и оборудованием, увеличивая эффективность и снижая затраты на производство. Например, система может автоматически контролировать загрузку и разгрузку грузовиков на карьере, оптимизируя процесс и уменьшая время простоя оборудования.

3. Оптимизация транспортировки и хранения ресурсов. Системы IoT могут помочь в оптимизации транспортировки и хранения ресурсов, уменьшая затраты на логистику и увеличивая эффективность процесса. Например, система может контролировать заполненность складов и оповещать об их переполнении, а также оптимизировать маршруты доставки грузов [3].

4. Улучшение безопасности и снижение рисков. Системы IoT могут помочь в улучшении безопасности и снижении рисков в недропользовании. Например, система может контролировать параметры среды и предотвращать возможные аварии, а также отслеживать местоположение работников и контролировать их состояние здоровья.

Таким образом, технология IoT улучшает эффективность и безопасность процессов в недропользовании, что в свою очередь может увеличить прибыльность и снизить негативное влияние на окружающую среду.

Выводы

Последние годы наблюдается заметный прогресс в области применения технологии IoT в различных сферах ее применения. Преимущества технологии IoT в недропользовании:

- IoT-технологии могут создавать новые возможности для бизнеса и промышленности, например, улучшать производственные процессы, увеличивать продуктивность и создавать новые продукты и услуги;
- В недропользовании IoT-устройства могут использоваться для управления энергопотреблением в производственных и коммерческих зданиях, что может улучшить эффективность и снизить затраты на энергию;
- IoT-устройства отслеживает качество воздуха, воды и почвы в районах, где происходят добыча и производство. Это может помочь своевременно выявлять проблемы и предотвращать возможные экологические катастрофы.

Применение технологии IoT в недропользовании может принести значительные преимущества, такие как повышение эффективности процессов, снижение затрат на производство, улучшение безопасности и снижение рисков для работников, а также снижение воздействия на окружающую среду.

Библиография

1. Андреев Ю.С., Третьяков С.Д. Промышленный интернет вещей: Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. - 54 с.
2. Статья «Промышленный интернет вещей» [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/>.
3. Бобцов А.А., Болтунов Г.И. и др. Управление непрерывными и дискретными процессами — СПб.:СПбГУ ИТМО, 2010. – 175с.
4. Статья «Комплексные технологические платформы для разработки IoT-решений» [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <https://iot.ru/promyshlennost/kompleksnye-tehnologicheskie-platformy-dlya-razrabotki-iot-resheniy->.
5. Якушевич М.С. Нефть без человека: как роботы и интернет вещей изменили нефтедобычу [Электронный ресурс] / М.С. Якушевич, 2019: Режим доступа URL: <https://nangs.org/news/it/>.

ГИС НЕВА для решения различных геологических задач с использованием БПЛА.
Нагайцев М.В.* (МГРИ, nagaytsev@mgri.ru), Ванеева А.В. (МГРИ, Mittary@yandex.ru),
Иванова Ю.А. (МГРИ, yunaivanova@yandex.ru)

Аннотация

В современном мире актуальность использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) активно возрастает, они всё чаще применяются в различных областях. Геология здесь не исключение. Управление БПЛ не возможно без цифровой информацией о местности. Постановлением Правительства РФ была образована ОКР по "Разработке комплекса автоматизированных рабочих мест по созданию и подготовке к изданию авиационных (топографических) карт".

Институт проблем управления (ИПУ) АН СССР имени академика В.А. Трапезникова совместно со специалистами ВТУ ГШ, ВКФ успешно решил задачу по подготовке карт к изданию с помощью геоинформационной системы "НЕВА".

Ключевые слова.

БПЛА, ГИС НЕВА, ИПУ РАН

Теория

По цифровым авиационным и радионавигационным картам в ГИС "НЕВА" подготавливаются к изданию аналоговые карты, что позволило значительно сократить время на их обновление в соответствии с требованиями авиации.

Для обеспечения кораблевождения и решения различных задач, связанных с деятельностью военно-морского, торгового и промышленного флотов использовались аналоговые морские карты. Поэтому была поставлена задача, адаптировать ГИС "НЕВА" для создания (обновления) морских карт [1].

Географические информационные системы (ГИС) и беспилотные летательные аппараты (БПЛА) могут быть мощными инструментами в решении различных геологических проблем. Некоторые из способов, с помощью которых ГИС и беспилотные летательные аппараты могут быть использованы в геологии, включают:

Картографирование геологических объектов:

Беспилотные летательные аппараты могут получать изображения с высоким разрешением и данные о геологических объектах, таких как выходы горных пород, разломы и складки. Затем эти изображения могут быть обработаны и интегрированы в ГИС для создания точных и подробных геологических карт [2].

Мониторинг оползней и эрозии:

Беспилотные летательные аппараты, оснащенные камерами и датчиками, могут использоваться для мониторинга и отслеживания изменений в районах, подверженных оползням и эрозии. Собранные данные могут быть использованы для создания моделей

и имитационного моделирования, которые помогают прогнозировать будущие события и выявлять потенциальные риски.

Оценка минеральных ресурсов:

ГИС может использоваться для интеграции данных из различных источников, таких как геология, топография и геофизика, для определения районов с высоким минеральным потенциалом. Затем беспилотные летательные аппараты можно использовать для сбора более подробных данных, таких как изображения с высоким разрешением и 3D-модели, для дальнейшей оценки этих областей.

Проведение геологических изысканий:

Беспилотные летательные аппараты могут использоваться для проведения аэрофотосъемки отдаленных или труднодоступных районов, таких как горные хребты и пустыни. Собранные данные могут быть использованы для создания подробных карт и моделей этих районов.

Мониторинг вулканической активности:

Беспилотные летательные аппараты, оснащенные газовыми датчиками, могут использоваться для мониторинга вулканической активности и сбора данных о выбросах газа. Собранные данные могут быть использованы для создания моделей и имитационного моделирования, которые помогают прогнозировать будущие извержения.

В целом, сочетание ГИС и технологии беспилотных летательных аппаратов может дать ценную информацию о геологических процессах и помочь решить целый ряд геологических проблем.

Программы для создания задач полета БПЛА

Для успешного решения навигационных задач с использованием глобальных навигационных спутниковых систем NAVSTAR/GPS, ГЛОНАСС/ GPS кроме технических средств были необходимы навигационные карты и планы населенных пунктов. Так поставляемые на наш рынок первые автомобильные навигаторы фирмы GARMIN отображали текущее положение автомашины на упрощенных картах с минимальным количеством объектов местности [3].

Разработана современная технология создания навигационных карт, специальное программное обеспечение в ГИС "НЕВА", конвертор обмена с форматом фирмы GARMIN. Геоинформационная система «НЕВА» позволяет создавать навигационные карты не только для автомобилистов, туристов, рыбаков, охотников, но и для специалистов горно-геологических специальностей: геологов-съёмщиков, экологов, геодезистов и др.

В ГИС "НЕВА" могут быть созданы различные трехмерные модели местности: рельефа, рельефа с картографической информацией, полутоновые по аэроснимкам и космическим снимкам, объектов, имеющих рельефную текстуру.

Задание для БПЛА можно создать в разных программах. Рассмотрим такие программы, как ГИС «НЕВА» и «Mission Planer» подробнее. Обе программы автоматизированы и работают по схожему принципу: чтобы построить задание для БПЛА в программе, надо указать точки полета на карте. Первая точка называется «дом», она дает начало миссии и может стать конечной, если не указать в команде об окончании другую точку [4].

Для точки «дом» дается команда “TAKEOFF” (отрываться от земли или воды). После этого отмечаются другие точки на карте, по которым последовательно полетит БПЛА; на них дается команда “WAYPOINT”. Конечной точке присваивается команда “RETURN_TO_LAUNCH”. БПЛА можно задать особенные команды для практических целей, например, одна из этих команд - “DO_SET_SERVO”; она выполняет сброс с БПЛА чего-либо. В зависимости от размера БПЛА, можно сбрасывать разные по величине и тяжести предметы [5].

Пример построенного полетного задания в ГИС «НЕВА» показан на рис. 1. Программа создает миссию, но она не самая удобная в использовании для таких целей.

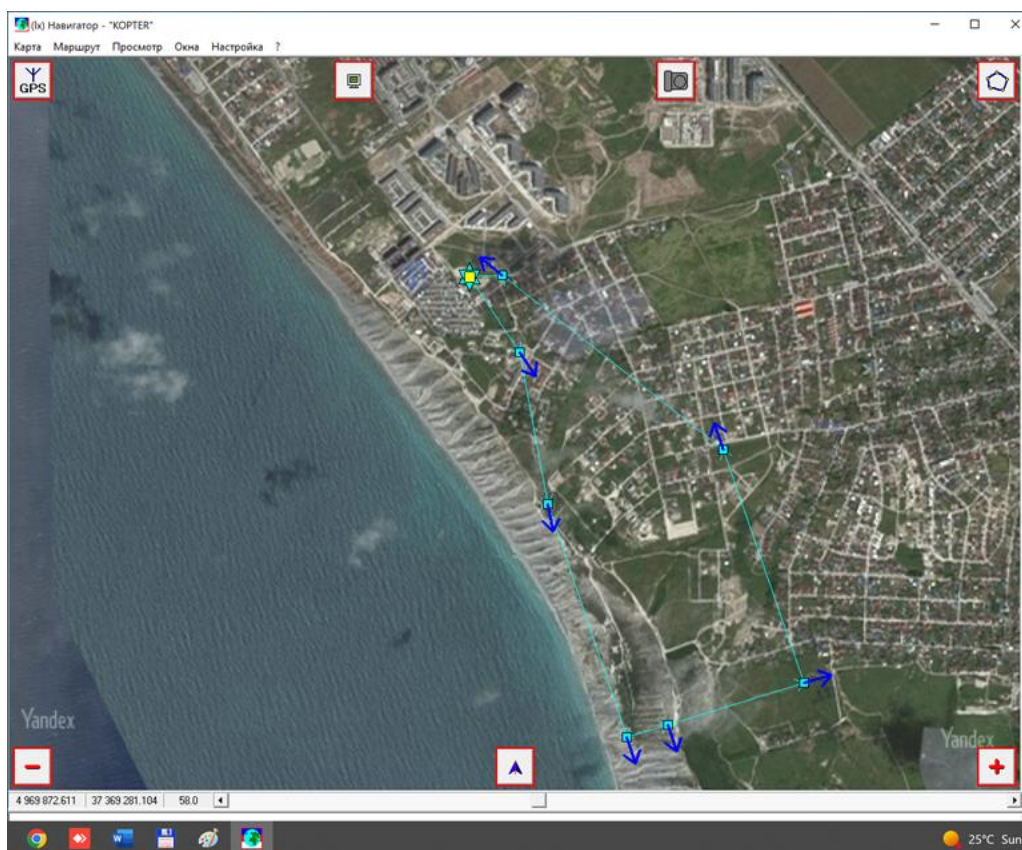


Рисунок 28. Построение полетного задания в ГИС «НЕВА»

В ИПУ РАН разработана ещё одна программа для построения задания для различного вида дронов (робототехнических комплексов): летающих и плавающих. Чтобы построить миссию для дрона в программе «Mission Planer», надо указать точки полета на карте. На рис. 2 показано построение полетного задания в программе «Mission Planer» [6].

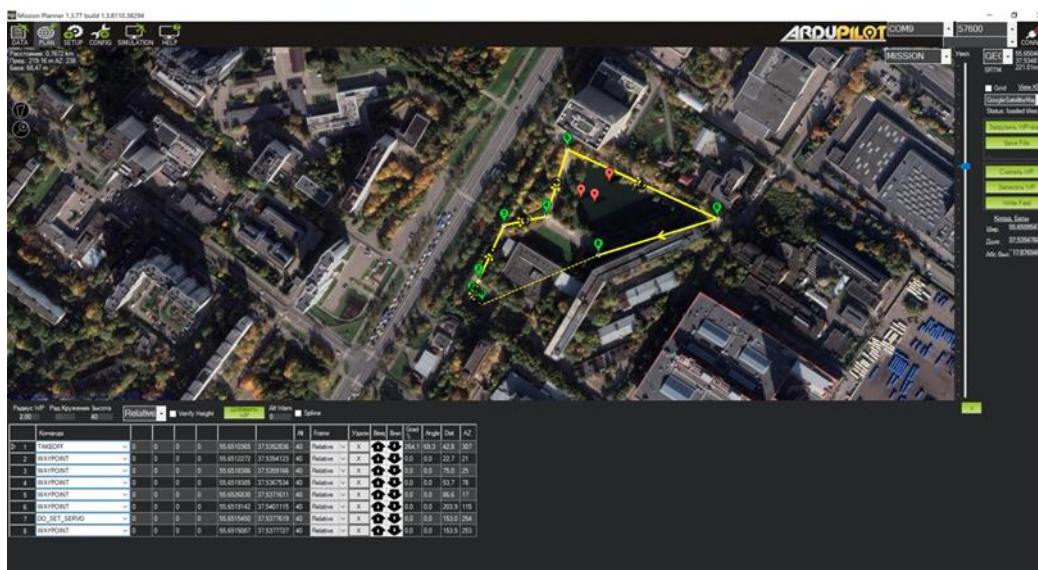


Рисунок 29. Построение полетного задания в «Mission Planner»

Выводы

Таким образом, сочетание ГИС и беспилотных летательных аппаратов может предоставить ценные данные и понимание геологических процессов и помочь решить широкий спектр геологических проблем. От составления карт геологических особенностей до мониторинга воздействия на окружающую среду - эти инструменты могут играть решающую роль в области геологии.

Библиография

1. Справочник ГИС НЕВА // [Электронный ресурс] URL: http://new.rpls.ru/wp-content/uploads/2017/04/2010_05_UNIINTEX.pdf (дата последнего посещения 15/02/2023).
2. Беспилотные аппараты // [Электронный ресурс] URL: <http://airwar.ru> (дата последнего посещения 15/02/2023).
3. Яценков В.С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 256 с.: ил.
4. Красноперов Р., Фетисов В., Неугодникова Л., Адамовский В. Беспилотная авиация. Терминология, классификация, современное состояние. - [Электронный ресурс] URL: <https://arsenal-info.ru/b/book/3398882726/> (дата последнего посещения 15/02/2023).
5. Дроны с нуля: Пер. с англ. / Т. Килби, Б. Килби – СПб.: БВХ-Петербург, 2016. – 192 с.
6. Документация к пользованию к mission planner//ardupilot – [Электронный ресурс] URL: <https://ardupilot.org/ardupilot/> (дата последнего посещения 15/02/2023).

*Исследование эффективности алгоритмов для поиска кратчайшего пути в графе.
Настасенко С. А. * (МГРИ, snastasenko99@gmail.com), Агаларов З. С. (МГРИ,
agalarovzs@mgri.ru)*

Аннотация

Эффективное вычисление кратчайших путей в графе является фундаментальной проблемой информатики и имеет многочисленные приложения в различных областях, таких как транспорт, логистика, социальные сети и компьютерные сети. С увеличением размера графов увеличиваются и вычислительные затраты на поиск кратчайшего пути, поэтому разработка эффективных алгоритмов для решения этой задачи становится все более важной. Данное исследование является актуальным, поскольку его цель - дать представление о производительности различных алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе, что может помочь в разработке более подходящих и эффективных алгоритмов для решения этой задачи в практических приложениях.

Ключевые слова

Теория графов, задача коммивояжера, полный перебор, метод ветвей и границ, метод ближайшего соседа.

Введение

Нахождение кратчайшего пути в графе является одной из основных задач теории графов и прикладной математики. Эта задача заключается в нахождении пути между двумя вершинами графа, который имеет наименьшую сумму весов ребер [1].

В общем случае граф - это множество вершин и ребер, где вершины - это узлы, а ребра соединяют пары вершин. Каждому ребру может быть присвоен вес, который представляет собой числовое значение или стоимость перемещения между вершинами.

Кратчайший путь в графе может быть найден с помощью различных алгоритмов, таких как алгоритм Дейкстры, согласно [2], алгоритм Беллмана-Форда или алгоритм Флойда-Уоршелла. Каждый из этих алгоритмов имеет свои преимущества и недостатки, в зависимости от характеристик графа, таких как количество вершин и ребер, наличие отрицательных весов и т.д.

Поиск кратчайшего пути на графе имеет широкое применение в различных областях, таких как транспортная логистика, маршрутизация пакетов в сетях связи, разработка маршрутов для беспилотных транспортных средств и многих других [4].

Цели и задачи

Анализ существующих методов решения задач поиска кратчайшего пути и реализация рассмотренных алгоритмов, выявления их достоинств и недостатков.

Сравнительный анализ двух приведенных алгоритмов

Сложность метода жадного алгоритма $O(n)$ — линейна [3]. То есть, при увеличении размера матрицы в два раза, затраты времени тоже возрастут в два раза. Сложность метода ветвей и границ $O(n * \log_2 n)$ — при увеличении узлов матрицы в два раза затраты на время также возрастут вдвое. Но сложность таких вычислений алгоритма увеличивается с ростом n .

Таблица 1. Время работы (в миллисекундах) жадного алгоритма и метода ветвей и границ.

N	Жадный алгоритм (миллисекунды)	Метод ветвей и границ (миллисекунды)
5,00	0,00006	0,0006
10,00	0,00023	0,0021
15,00	0,00033	0,0052
20,00	0,00068	0,0090
25,00	0,00078	0,0164
30,00	0,00108	0,0268
35,00	0,00144	0,0409
40,00	0,00175	0,0617
45,00	0,00263	0,0835
50,00	0,00263	0,1129
100,00	0,01068	0,8439
200,00	0,04037	6,3635
300,00	0,09462	21,1513
400,00	0,14743	49,9580
5000,00	0,23230	93,6365
10000,00	1,10963	206,4986

На таблице 1 изображено время работы (в миллисекундах) жадного алгоритма и метода ветвей и границ в зависимости от количества узлов в графе.

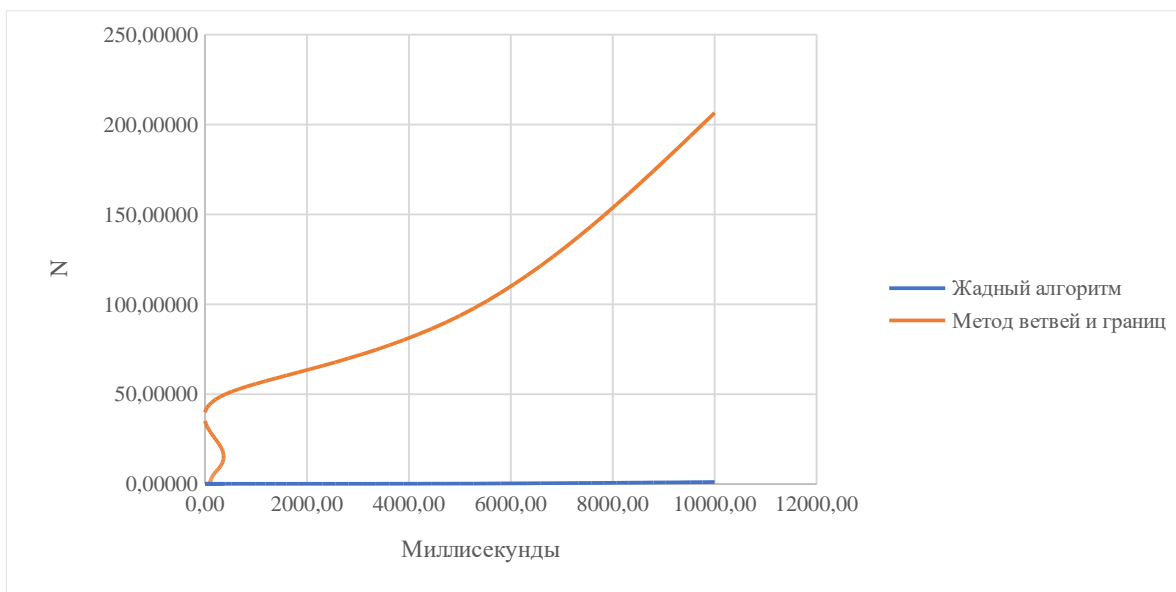


График сравнения алгоритмов

На рисунке 1 изображено объединение результатов двух методов.

Таблица 2. Сумма маршрутов жадного алгоритма и метода ветвей и границ

N	Сумма всего маршрута метода ветвей и границ (точный метод)	Сумма всего маршрута жадного алгоритм а (приближ енный метод)	Погрешн ость (%)
5	212	212	0
10	232	232	0
15	341	362	6
20	416	421	1
25	440	460	5
30	444	515	16
35	524	510	2
40	478	540	13
45	489	565	15
50	651	670	3
100	872	888	2
200	1154	1233	7
300	1453	1506	4
400	1734	1749	1
5000	1937	2040	5
10000	4127	2716	52

Посчитав средний процент погрешности из таблицы 2, увидим, что он равен 8,8%. На основе среднего процента можно сказать, что в приближенном методе присутствует не значительное отклонение от точного метода. Исходя из этого следует, что метод ветвей и границ, лучше подходит для маленького количества узлов, а жадный алгоритм лучше использовать при большом количестве узлов.

Вывод

В ходе выполнения работы были рассмотрены существующие методы решения задачи поиска кратчайшего пути в графе, а также была произведена реализация методов. Проведены вычислительные эксперименты, состоящие в сравнении времени работы данных алгоритмов, которые показали, что жадный алгоритм работает намного быстрее, чем метод ветвей и границ.

Библиография

1. Громкович Ю. Алгоритмизация труднорешаемых задач. Часть I. Простые примеры и простые эвристики / Ю. Громкович, Б.Ф.Мельников // Перевод с английского Б.Ф. Мельников. Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – Пятигорск: 2014, 360 с.

2. Гудман С. Введение в разработку и анализ алгоритмов: учебное пособие / С. Гудман, С. Хидетниемеи // Перевод с английского Ю.Б. Котова, Л.В. Сухаревой, Л.В. Ухова под редакцией В.В. Мартынюка. – М: Мир, 1981. 368 с.
3. Дулькейт В.И. Приближённое решение задачи коммивояжера методов рекурсивного построения вспомогательной кривой / В.И. Дулькейт, Р. Т. Файзуллин // ПДМ. 2009. No1 (3). – 8 с.
4. Ерзин А.И. Задачи маршрутизации: учеб. пособие / А.И. Ерзин, Ю.А. Кочетов. – Новосиб. гос ун-т. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. – 95 с.

Разработка Telegram – бота для решения задач теории информации на алгоритмическом языке Python. Оборнев Е.А. (МГРИ, obornevea@mgri.ru), Нагайцев М.В. (МГРИ, nagaytsev@mgri.ru), Солнцев Э.С. (МГРИ, ski.rus.r@gmail.com) Хижняк М.А. (МГРИ, geneus003@gmail.com), Конобеев Т.А. (МГРИ, vazgen1337228@gmail.com)*

Аннотация

Ботами, или чат – ботами, называются программы, которые имитируют поведение собеседника при общении, выполняя действия строго по инструкции (алгоритму). Боты применяются для разнообразных целей, начиная от простого перевода текстов и заканчивая специальными нейросетями для обработки статистических данных или оцифровки голосовых сообщений [1].

В качестве одной из целей, авторы выбрали задачи, которые связаны с переводом числа из одной системы счисления в другую. Данная тема на уроках очень важна для школьников, которые поступают в ВУЗы по направлению прикладной информатики. В работе рассматривается пример Telegram бота, который решает задачу перевода числа и результат выводит, как принято в школе, - «лесенкой», т.е. показывая весь этап решения.

Авторам не удалось найти в открытых источниках аналог подобной разработки. При этом есть некоторые разработки, которые работают как инженерный калькулятор. Они просто выдают число, полученное по алгоритму перевода. Как кажется авторам, их программа поможет школьникам и студентам лучше освоить и понять тему перевода числа в позиционных системах счисления с различным основанием (от 2 до 36).

Ключевые слова

Telegram Bot, API, Python, школьный алгоритм «лесенка»

Теория

В данной работе объектом исследования является Telegram Bot API, и разработанные для него модули-библиотеки Python, в виде Aiogram Bot API, а также функции и объекты которые необходимы для разработки Telegram – бота [2, 3, 4].

Для начала работы с ботом его необходимо найти (имя бота: dec2bin_bot), его можно выбрать в каталоге (заранее созданном другими пользователями), можно найти через поиск, либо перейти по ссылке (https://t.me/dec_to_bin_bot) предоставленной другим пользователем. Обычно, для начала работы, необходимо отправить команду /start. Так же существуют альтернативные варианты, все зависит от того как бот запрограммирован (в нашем случае - команда: /calc). Алгоритм работает для систем счисления с основанием от 2 до 36 (см. рис.1,а).

Для примера рассмотрим школьный алгоритм «лесенкой» перевода десятичного числа из десятичной системы в Q-ю. Он очень компактен, прост и нагляден. Этот алгоритм идеально приспособлен для решения данной задачи в тетради. Его хорошо осваивают почти все учащиеся. При этом, мало кто отвечает на вопрос: «Почему мы,

например, двоичное число собираем снизу вверх?». Пример приведённый на рис.1, б наглядно показывает, что первый разряд, который мы получаем при переводе десятичного числа в десятичное (т.е. разбиваем число на цифры разрядов) это цифра, отражающая число единиц. Поскольку правила записи для числа с любым основанием в позиционной системе счисления равнозначны, то и в двоичной системе первый остаток от деления будет означать число двоичных единиц (см. рис. 1, в). При этом нужно отметить, что когда школьник или студент использует калькулятор, то от него скрыт процесс получения самого числа.

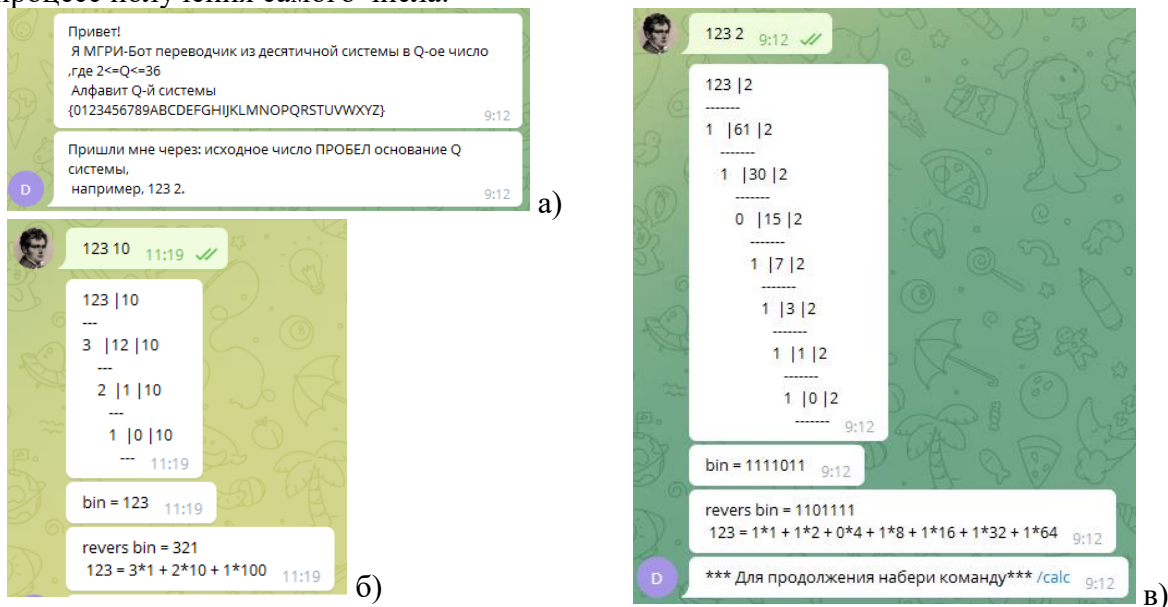


Рисунок 30. Пример работы телеграм-бота *dec2bin_bot*. а) приглашение к работе, б) пример перевода десятичного числа 123 в 10-ю систему счисления, в) пример перевода десятичного числа 123 в 2-ю систему счисления

Выводы

Разработан телеграм-бот *dec2bin_bot* для наглядного решения задач из курса теоретической информатики, который решает различные задачи, наглядно представляя полученный результат.

Данная разработка может быть полезна как ученикам при выполнении домашнего задания, так и преподавателям при объяснении данной темы на уроке.

Библиография

1. Telegram [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Telegram> (Дата последнего посещения 15/02/2023).
2. Telegram Bot API [Электронный ресурс]. — Telegram Documents. — Режим доступа: <https://core.telegram.org/bots/api> (Дата последнего посещения 15/02/2023).
3. Козлов А. А., Телеграм-бот как простой и удобный способ получения информации [Электронный ресурс] / А. А. Козлов, А. В. Батищев // Территория науки. — 2017. — №5. — с. 55-64. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/telegram-bot-kak-prostoy-i-udobnyy-sposobpolucheniya-informatsii> (Дата последнего посещения 15/02/2023).

4. Официальный сайт Telegram [Электронный ресурс]. – API – Режим доступа:
<https://core.telegram.org/api> (Дата последнего посещения 15/02/2023).

*Разработка электронного словаря и анализа текста романа в стихах
А.С. Пушкина «Евгений Онегин». Оборнев Е.А. *(МГРИ, obornevea@mgri.ru),
Нагайцев М.В. (МГРИ, nagaytsev@mgri.ru), Солнцев Э.С. (МГРИ,
ski.rus.r@gmail.com), Ракинов В.Р. (МГРИ, vadimrakupov@yandex.ru)*

Аннотация

В рамках профориентационной работы со школьниками по направлению прикладной информатики была предложена тема, отражённая в заголовке данной работы. Электронный словарь Пушкина «Евгений Онегин» — это словарь на компьютере или другом электронном устройстве, который позволяет быстро найти нужное слово, с учётом морфологии и возможностью поиска словосочетаний, а также с указанием предложения (или строки текста), где оно встречено.

Авторам не удалось найти в открытых источниках аналог подобной разработки. При этом есть множество ссылок на различные словари, связанные с Пушкиным, например, четырёхтомный академический словарь языка Пушкина [1], который доступен только в отсканированном виде. Быстро перемещаться по алфавиту и словам в нём затруднительно. Существует множество тематических словарей [2, 3, 4].

Ключевые слова

Анализ текста, электронный словарь, Пушкин, Онегин

Теория

В работе использовался электронный документ в текстовом ASCII-формате, который расположен в открытом доступе на сайте Lib.ru - библиотека Машкова [5]. Данный интернет-ресурс очень тщательно относится к качеству текста (на предмет исправления ошибок) после OCR (optical character recognition) преобразования.

В работе рассматривается технология построения связанных через реляционные отношения таблиц, которые отражают: оглавление, текст по строкам, отсортированная таблица всех слова со ссылками на номер строки в тексте, словарь указатель на слово, количество его повторения и ссылкой на первое слово в таблице всех слов (см. рис. 1). После получения данных ссылочных таблиц можно применять различные технологии построения словаря: СУБД, Хеш-таблицы, объекты типа dictionaries и др.

Алгоритм разбиения текста на слова, для получения отсортированной таблицы всех слов, учитывает знаки препинания, которые прижимаются к слову справа. Для выделения этих элементов текста алгоритм проводит анализ, опираясь на кодовую таблицу символов. Знаки препинания используются в работе для получения статистических характеристик текста: количество предложений, восклицаний, вопросов, среднее количество слов в предложении и др. Анализ может быть продолжен, если провести морфологический анализ слова и разбить слова на буквы.

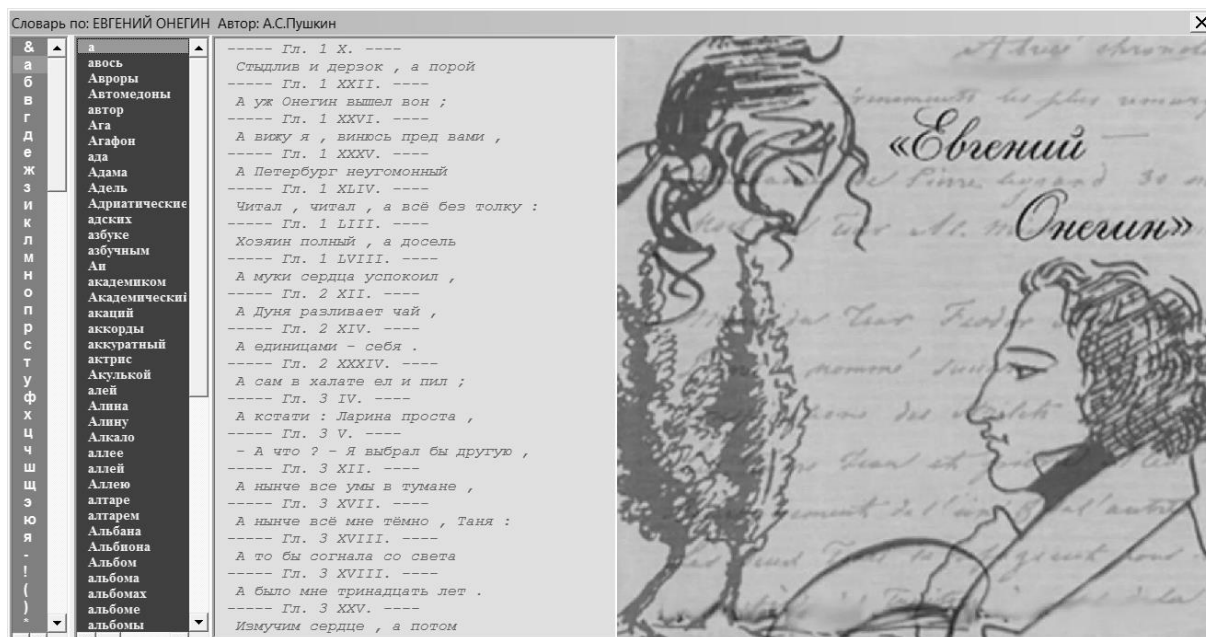


Рисунок 31. Пример главного окна страницы электронного Словаря по роману Евгений Онегин Пушкина. В левом окне дан буквенный указатель. Символ & вызывает оглавление. Следующее окно выводит группу слов на выбранную букву. Далее выводятся строчки из строф романа всех мест, где найдено данное слово, с указанием номера главы и номера строфы.

Выводы

Созданная программа может использоваться для изучения в предметах: русский язык и литература, а также информатика и информационные технологии. Алгоритм построения словаря прост и доступен школьникам и студентам 1 курса с использованием самых простых программных средств, например, электронных таблиц.

Полученный структурированный массив слов и предложений позволяет легко ставить задачи поиска различных комбинаций текстовых объектов. В данной работе автоматически получается полная статистика текста: количество слов, количество предложений, среднее количество слов в предложении и др.

Библиография

1. Словарь языка Пушкина: в 4т. /Отв. ред. акад. АН СССР В.В. Виноградов. – 2-е изд., доп. / РАН, Ин-т рус. яз. им. В.В. Виноградова. – М.: Азбуковник, 2000. ISBN 5-88744-026-0
2. Мокиенко В. М., Сидоренко К. П. Школьный словарь крылатых выражений Пушкина — СПб.: ИД «Нева», 2005. — 800 с. — ISBN 5-7654-4540-3
3. Осипова И. В. Работа со «Словарём языка Пушкина» в школе // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. — Орёл, 2011. — № 6. — С. 446—448. — ISSN 1998-2720.
4. Васильев Н. Л. Сколько слов в «языке Пушкина»? // О Пушкине: язык классика, поэтика романа «Евгений Онегин», писатель и его современники: монография. — Саранск, 2013. — С. 88—104.

5. Пушкин А.С.. Евгений Онегин. Роман в стихах. Эл. ресурс: Lib.ru/Классика:
http://az.lib.ru/p/pushkin_a_s/text_0170.shtml (Дата последнего посещения 15/02/2023).

Технология бурения с применением гидравлических расширителей в условиях наличия интервалов нестабильных глин. Пакин А.В. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, pakin.ar@yandex.ru). Научный руководитель: Овезов Батыр Аннамухаммедович (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, ovezovba@mgri.ru), соавтор: Щербакова Ксения Олеговна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, scherbakovak@mgri.ru), Календарова Лейли Рустамовна (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, kalendarovalr@mgri.ru)*

Аннотация

В данной работе изучается проблематика разработки месторождения, индивидуальной особенностью которого является наличие интервалов нестабильных аргиллитов, способных оказать существенное влияние на снижение сроков строительства скважин. Предлагается внедрить в КНБК (компоновка низа бурильной колонны) новый гидравлический расширитель, который будет расширяться в необходимых интервалах).

Ключевые слова

Бурение скважин, КНБК, расширитель, прихват.

Теория

Нарушения устойчивости стенок скважины[3] в результате наступления предельного состояния в глинистых и глиносодержащих породах приствольной зоны не преодолены. Особенно остро проблема устойчивости ствола скважины, сложенного глинами и глинистыми сланцами, ощущается в тех районах, где бурение ведется в сложных горно-геологических условиях[7].

В комплексе осадочных отложений глинистые породы залегают на различных глубинах и составляют 80 – 82 % всей толщи пород[1].

По характеру поведения в процессе бурения В.Л. Михеев предлагает разделить эти отложения на 4 группы[10]:

- Набухающие, высокопластичные и легко переходящие в буровой раствор глины;
- Хрупкие, осыпающиеся и обваливающиеся глинистые сланцы;
- Сильно увлажняющиеся глины с пропластками солей, образующих каверны, осыпи и обвалы.
- Устойчивые породы

Эти категории осадочных глинистых пород[2] обуславливают осложнения, часто приводящие к потерям ствола или к ликвидации скважин.

Предлагается внедрить гидравлический расширитель, который позволит облегчить прохождение сложных участков. Контроль над которым осуществляется с помощью потока промывочной жидкости, следовательно его можно достигнуть даже ниже телеметрической системы.

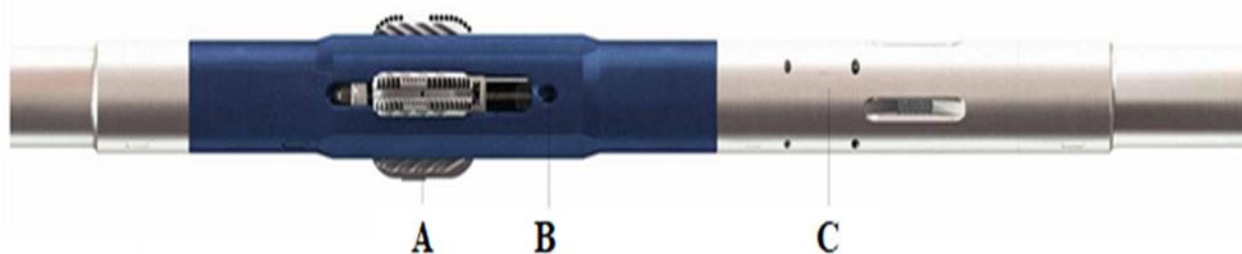


Рисунок 4. Схема расширителя.

Для начала необходимо разобрать, что из себя представляет конструкция расширителя и из каких частей она состоит, на изображении символами АВС обозначены основные комплектующие[5].

За счет применения выдвижных блоков с режцами РДК, расположенных по длине блока достигается повышенная выбуриваемость и скалывающе-дробящее воздействие на породу[9]. Также непосредственно под режущим блоком располагаются насадки в количестве 3х штук. Конструкция которых позволяет создавать перепады давления при активации расширителя. При уменьшении давления модуль в расширителе приподнимается вверх, подкручивается и закрывает клапан, часть ПЖ протекает через сам расширитель, а другая часть с большим давлением начнет протекать через насадки, что промывает их и позволит выдвинуть блоки[4].

Контроль осуществляется благодаря механической секции С, которая является активатором и деактиватором. Независимо от глубины за счет контроля подачи ПЖ можно осуществлять изменение положения расширителя.

Положение зависит от величины расхода, что соответствует трем зонам

1. Зона низкого расхода- в данном диапазоне механизм не переходит в активную фазу[8].
2. Зона индексирования- влияет на изменение цикла работы активационного механизма, т.е. на выдвижение режущих блоков. Повышение расхода выше зоны индексирования же не влияет на активацию или деактивацию движения блоков.
3. Рабочая зона- после намеренного индексирования блоки перейдут в рабочую фазу, для возвращения в неактивную фазу[6] необходимо стабилизировать давление до зоны индексирования, затем вернуть в рабочую зону, после этого произойдет закрытие режущих блоков.

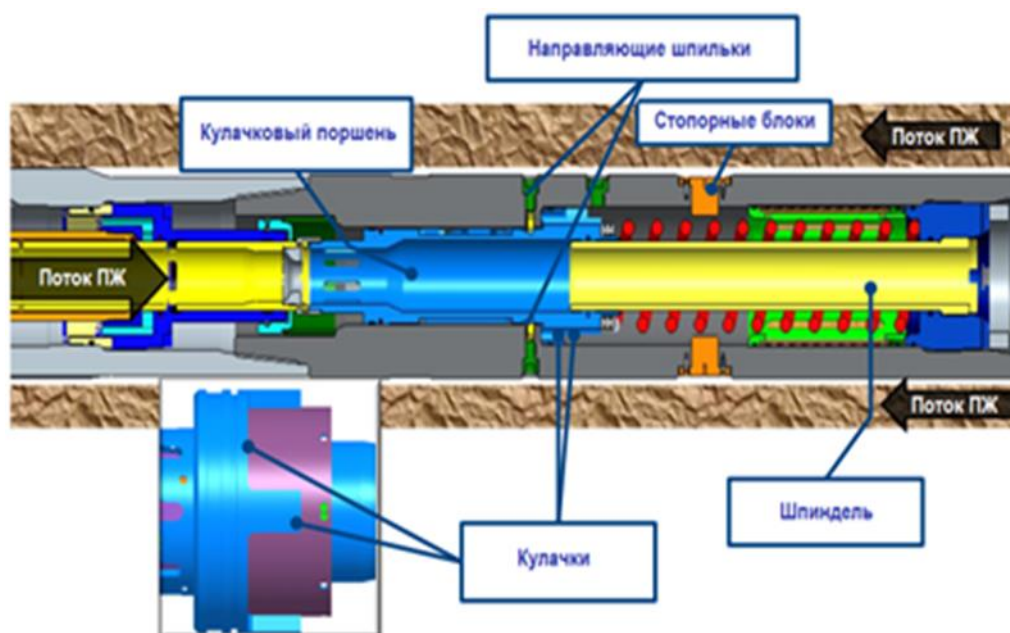


Рисунок 2. Схема внутри устройства КНБК.

Принцип работы расширителя. При протекании потока промывочной жидкости через расширитель, возникает давление на верхнюю часть поршня, так как там находится клапан, создающий сужение внутреннего диаметра. Тем самым поршень производит движение вниз до момента упора кулачков в стопорные блоки.

У расширителя есть два положения. Положение “две точки” соответствует деактивированному состоянию расширителя, положение ”одна точка” активированному. Окна в верхней части поршня необходимы для прохождения через них бурового раствора. При закрытом положении, через них нет выхода, так как они перекрываются внутренней стенкой корпуса расширителя. Для открытия необходимо снизить расход промывочной жидкости, а затем повысить до определенного значения. В открытом положении стопорные блоки попадают в пазы между кулачками, при этом окна на поршне совмещаются с проходными каналами к режущим блокам, в следствии чего на них начинает воздействовать промывочная жидкость, тем самым выдвигая их из корпуса расширителя

Выводы

Данная технология позволит многократно снизить расходы и облегчит изучение территорий, которые раньше были недостижимыми.

Развитие отечественных технологий области добычи углеводородов поможет избежать зависимости от иностранных аналогов.

Библиография

1. Азмамбетова, Э. А. Автоматизация процесса измерения глубины скважин / Э. А. Азмамбетова, М. М. Алимова, Б. А. Овезов // Материалы международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д. И. Менделеева : сборник статей, Тюмень, 27 ноября 2020 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 344-345. – EDN MOATPW.
2. Автоматизированная система для предупреждения пересечений стволов скважин / В. В. Костин, Б. А. Овезов, А. М. Машкова, Н. В. Соловьев // Молодые - Научкам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 231-234. – EDN JHINTT.
3. Аппаратный комплекс для увеличения количества передаваемой информации в процессе бурения / Л. Р. Календарова, А. Ю. Чекалов, Б. А. Овезов, Н. В. Соловьев // Новые идеи в науках о Земле : Материалы XV Международной научно-практической конференции. В 7-ми томах, Москва, 01–02 апреля 2021 года. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2021. – С. 194-198. – EDN TAYYQP.
4. Внедрение наддолотного модуля / А. В. Мефодьева, А. М. Машкова, Н. В. Соловьев [и др.] // Молодые - Научкам о Земле : Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 264-266. – EDN UIBLCB.
5. Ганджумян Р.А. и др. Расчеты в бурении. Москва РГГРУ 2007.
6. Ганджумян Р.А., Тунгусов А.А., Тунгусов С.А. Буровые машины, механизмы и сооружения. Учеб. Пособие. М., РГГРУ, 2010.
7. Кононенко, Л. П. Развитие отечественных LWD-технологий. Разработка наддолотного модуля / Л. П. Кононенко, Н. В. Соловьев, Б. А. Овезов // Новые идеи в науках о Земле : Материалы XV Международной научно-практической конференции. В 7-ми томах, Москва, 01–02 апреля 2021 года. Том 4. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2021. – С. 208-211. – EDN ZCAFIZ.
8. Саидов, С. С. Разработка геофизического прибора нейтронного каротажа для предупреждения аварийных ситуаций (Neotron) / С. С. Саидов, Б. А. Овезов // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2022. – Т. 1. – С. 122-127. – EDN JWDDZS.
9. Цыганков, М. А. Технология бурения с применением гидравлических расширителей в условиях наличия интервалов нестабильных глин / М. А. Цыганков, К. О. Щербакова // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2022. – Т. 1. – С. 382-385. – EDN JISXJC.
10. Boiko, A. Development of a geophysical neutron logging device with equipment for exciting and stopping the synthesis reaction / A. Boiko, B. A. Ovezov, K. O. Shcherbakova // Нефтегазовые Горизонты, 16–19 ноября 2021 года, 2021. – С. 117-119. – EDN JHHCQR.

***Обработка и анализ данных комплекса геофизических методов в ГИС ИНТЕГРО при изучении глубинного строения юго-восточной части Вилуйской синеклизы.
Пиманова Н.Н.* (РГГУ, pimanova.nad@gmail.com)***

Аннотация

Рассматриваются результаты комплексных геофизических работ на территории юго-восточно части Вилуйской синеклизы. Обработка и интерпретация потенциальных полей была направлена на изучение структурно-тектонических элементов кристаллического фундамента.

Исследование глубинной структуры фундамента было проведено на основе совместного анализа построенных 3D-моделей эффективной плотности и намагниченности, а также сейсмических и геоэлектрических данных. В результате в фундаменте закартировано крупное плотное немагнитное тело, характеризующееся отсутствием отражений на сейсмических разрезах. 3D представление магнитных и плотностных источников позволило проанализировать их положение относительно друг друга.

Ключевые слова

Моделирование, потенциальные поля, ГИС ИНТЕГРО, Вилуйская синеклиза

Теория

На территории юго-восточной части Вилуйской синеклизы (Намский участок) были проведены комплексные геофизические работы, включавшие сейсморазведку, МТЗ, ЗСБ и предполагающие переобработку ретроспективных данных съемок потенциальных полей. Исследования были направлены на прогноз площадей, перспективных на углеводороды. Если для сейсморазведки и электроразведки приоритетной задачей было изучение особенностей строения осадочного чехла, то обработка и интерпретация данных потенциальных полей была направлена на изучение вещественного строения кристаллического фундамента и трассирование его структурно-тектонических элементов.

Для обработки данных потенциальных полей и анализа комплекса геофизических данных использовалась ГИС ИНТЕГРО. Она обладает большим набором возможностей для расчета различных характеристик полей, решения 2D и 3D прямой и обратной задач, а также для визуализации и редактирования как площадных данных, так и разрезов и 3D среды.

Магнитное поле района работ обусловлено внутренней структурой фундамента и рельефом его кровли, так как породы осадочного чехла района работ практически немагнитные [1, 2, 4] (так как траппы здесь не закартированы), а для пород архейского фундамента характерны значительно более высокие значения магнитной восприимчивости.

Сопоставление региональных аномалий гравитационного и магнитного полей похожих по форме, размеру и простирацию показало несовпадение их границ, что может говорить о разной природе их источников.

Действительно, в гравитационном поле кроме структуры и состава пород фундамента отражаются структура, состав и мощность осадочного чехла, а также поведение глубинных горизонтов земной коры и верхней мантии. Поэтому на первом этапе работ стояла задача исключить из гравитационного поля аномалии, вызванные породами осадочного чехла.

Для построения плотностной модели осадочного чехла использовалась утилита ГИС ИНТЕГРО, которая позволяет строить 3D сеточные модели с слоистым, слоисто-блоковым и градиентным распределением физических свойств.

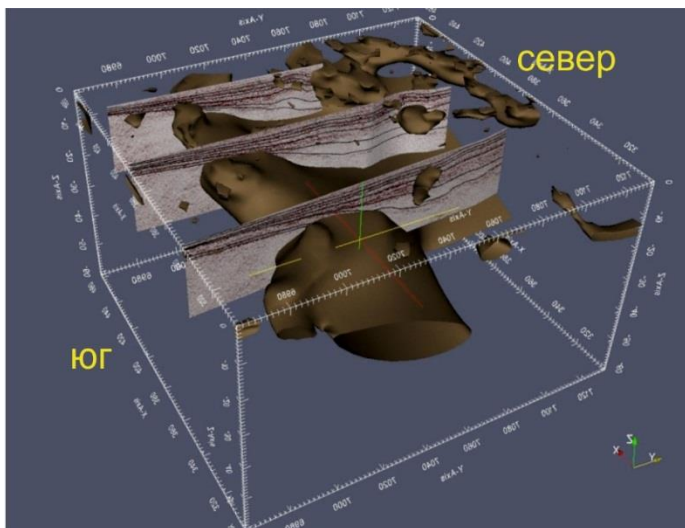
В основу геометрического каркаса 3D восьмислойной плотностной модели были положены сейсмические данные о рельефе опорных горизонтов осадочного чехла. Плотность слоев в 3D модели задавалась на основе анализа петрофизических данных предшествующих исследований [1, 2, 6].

Расчет гравитационного эффекта от построенной модели показал, что крупная отрицательная аномалия гравитационного поля в районе Лухнинской впадины, расположенной в северной части площади, целиком обусловлена рельефом осадочных слоев.

Анализ полученного редуцированного гравитационного поля, свободного от эффекта осадочной толщи, показал, что на большей части площади (в центральной и северной областях) располагается крупный интенсивный максимум поля, связанный с повышенной плотностью пород фундамента, а в южной части площади картируется крупный интенсивный минимум, источник которого также расположен ниже поверхности фундамента.

На следующем этапе проводилось построение 3D распределений эффективной плотности и эффективной намагниченности с использованием решения обратной задачи грави- и магниторазведки методом быстрого преобразования Фурье [3, 5]. При решении обратной задачи гравиразведки использовалось редуцированное поле. Для расчета распределения эффективной намагниченности - наблюдаемое магнитное поле.

Анализ распределения 3D эффективной плотности показал, что источником положительной аномалии гравитационного поля (которая на карте редуцированного поля занимает почти всю центральную и северную части участка) является плотное тело, расположенное сразу под поверхностью фундамента (рис.2). При этом оно имеет форму толстого пласта мощностью около 25 км и погружается с юга на север согласно с погружающейся поверхностью фундамента. Как видно из рис.2 на севере участка кровля этого тела постепенно погружается ниже поверхности фундамента и уходит до глубины 30 км.



- изоповерхность эффективной плотности
(по значениям $> 0.2 \text{ г/см}^3$)

Рисунок 1. Плотное тело, ограниченное изоповерхностью положительных значений эффективной плотности и пересекающие его сейсмические разрезы по профилям

Сопоставление разрезов эффективной плотности с сейсмическими разрезами показывает, что рассматриваемая область повышенной плотности в фундаменте очень хорошо пространственно совмещается с достаточно однородной, «прозрачной» областью сейсмического разреза, и может интерпретироваться как интрузивное тело.

Анализ разрезов 3D распределения эффективной намагниченности показывает, что описываемое плотное тело практически немагнитно, а намагниченные породы локализуются по южной границе плотного тела на глубину вдоль его контакта с соседним блоком (рис.3).

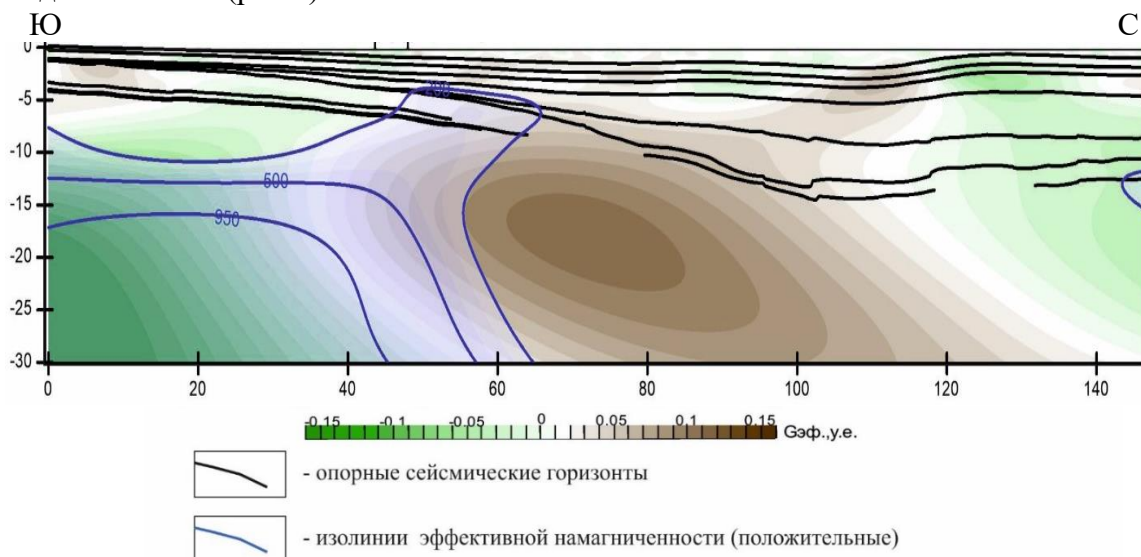


Рисунок 2. Сопоставление распределения эффективной плотности с областью повышенной намагниченности на субмеридиональном сейсмическом профиле. (Синими изолиниями оконтурены участки с повышенной намагниченностью).

Как видно из рисунка 2 в пределах южной части площади картируется крупная интенсивно магнитная область на глубинах ниже 10-15 км. Причем, ее границы практически совпадают с картируемым здесь разуплотненным блоком в нижней части

земной коры. Несмотря на хорошее совпадение контуров этих аномалообразующих источников такое соотношение плотностных и магнитных свойств в целом нетипично для геофизической практики и вызывает трудности при геологической интерпретации.

Пространственное представление области повышенной намагниченности (рис.3) в виде изоповерхности с эффективной намагниченностью больше 100 у.е. показывает, что она приурочена к верхней части этого плотного тела и его южному контакту на всем его протяжении с запада на восток.

Выводы

В результате моделирования потенциальных полей и его анализа в комплексе с другими геофизическими методами получены данные о составе и строении фундамента в юго-восточной части Вилюйской синеклизы. В его пределах закартированы области, отличающиеся плотностью и намагниченностью.

Использование возможностей ГИС ИНТЕГРО для визуализации 3D среды позволило изучить положение отдельных аномалообразующих объектов гравитационного и магнитного полей и установить их взаиморасположение, что важно для дальнейшей геологической интерпретации полученных результатов.

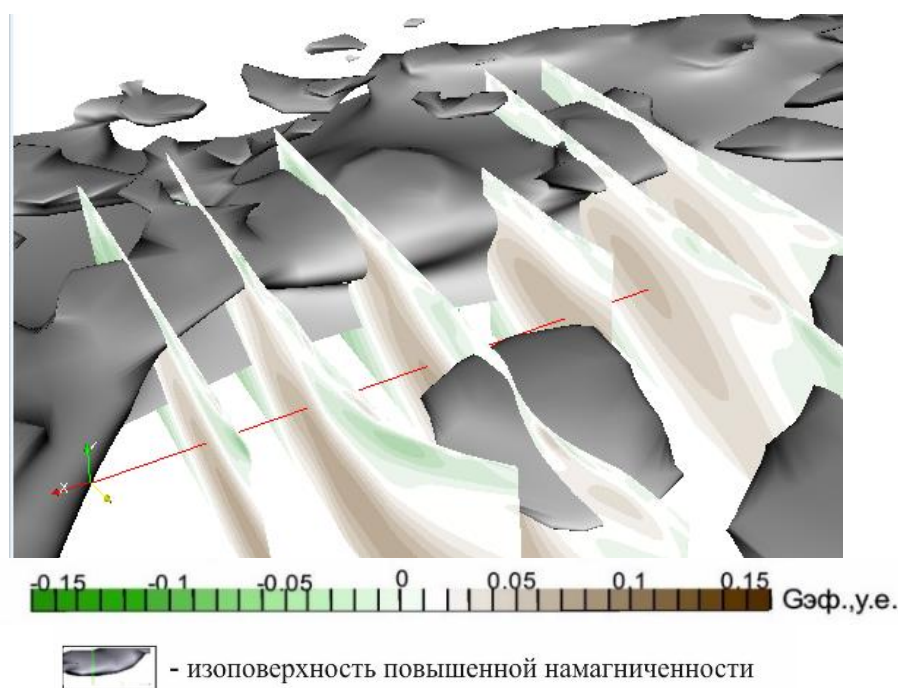


Рисунок 3. Вид изоповерхности, ограничивающей область с повышенной эффективной намагниченностью (>100 у.е) и разрезы эффективной плотности по субмеридиональным профилям.

Библиография

1. Бабаян Г.Д., Дортман М.И., Дортман Б.Л. Закономерности распределения физических свойств горных пород. //Геологические результаты геофизических исследований в Якутской АССР. Иркутск, 1972, с. 5-16.
2. Берзин А.Г. Структуры и нефтегазоносность Вилуйской синеклизы и прилегающей части Предверхоянского прогиба. Дисс. на соиск. уч. ст. докт.г.-м. н. Якутск. 2002.
3. Мицын С.В. О численной реализации спектрального метода решения обратной задачи гравиразведки. Геоинформатика, 2018, №3, с.89-97.
4. Николаевский А.А Глубинное строение восточной части Сибирской платформы. М. Наука 1968, 173с.
5. [Пиманова Н.Н.](#), [Спиридонов В.А.](#), [Шаров Н.В.](#), [Мицын С.В.](#) Трехмерное плотностное моделирование земной коры юго-восточной части Фенноскандинавского щита в ГИС INTEGR0. Геоинформатика, 2019, №1, с.24-35.
6. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика).Справочник геофизика. М., «Недра», 1976, 527с.

Оптимизация полетной миссии БПЛА. Полтавец А.А. (Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе (МГРИ), andreeych@gmail.com). Курсанова В.С. (Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе (МГРИ), kirnika@mail.ru), Авраменок А.В. (Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе (МГРИ), a.avramenok@mgri.ru)*

Аннотация

Основной целью создания полетной миссии для беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) является построение маршрута с учетом особенностей местности и упрощение процесса полета путем формирования маршрута движения БПЛА при работе, например, перевозке грузов или аэрофотосъемке, с учетом внешних и внутренних факторов. Результатом работы является программа, способная рассчитать оптимальный путь и карту высот по точкам GPS. Данная программа также совместима не только с летающими типами беспилотников.

Ключевые слова

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), полетная миссия, аэрофотосъемка, полетное задание, беспилотные авиационные системы (БАС), беспилотники.

Теория

При проектировании полетного задания (полетной миссии) важно учитывать разные факторы: внешние и внутренние. [1]

К внешним относятся климатические особенности региона, включающие температуру, направление ветра, давление, высоту над уровнем моря, допустимый диапазон высот для летательных аппаратов и другое. К внутренним можно отнести характеристики дрона, такие как характеристики винтомоторной группы (ВМГ), общее потребление тока, наличие и характеристики систем позиционирования. [2]

Экономия электроэнергии строится при помощи поиска оптимального пути перемещения в пространстве и расчетов потребления тока БПЛА при нагрузке для перемещения дрона из одной точки в другую, и, следовательно, проделанной работе. [4]

Работа программного обеспечения делится на несколько этапов:

Этап 1: Сбор входных данных. Пользователь вводит начальную и конечную точку и ширину коридора. На этом этапе происходит сбор информации, такой как координаты GPS для каждой точки, собирается массив данных для анализа и обработки.

Этап 2: Расчет расстояния и площади, построение карты высот. Для расчета оптимальной траектории используются данные из этапа 1 и топографической карты местности.

Этап 3: Оптимизация траектории. Для выбора оптимального маршрута по точкам, способным минимизировать суммарное расстояние, используются алгоритмы оптимизации, например, жадный алгоритм или алгоритм Крускала.

Этап 4: Построение траектории. Полученные координаты используются для построения траектории полета квадрокоптера, представленном на рисунке 1, где А, Б – точки координат, заданные в приложении, В – ширина воздушного коридора.

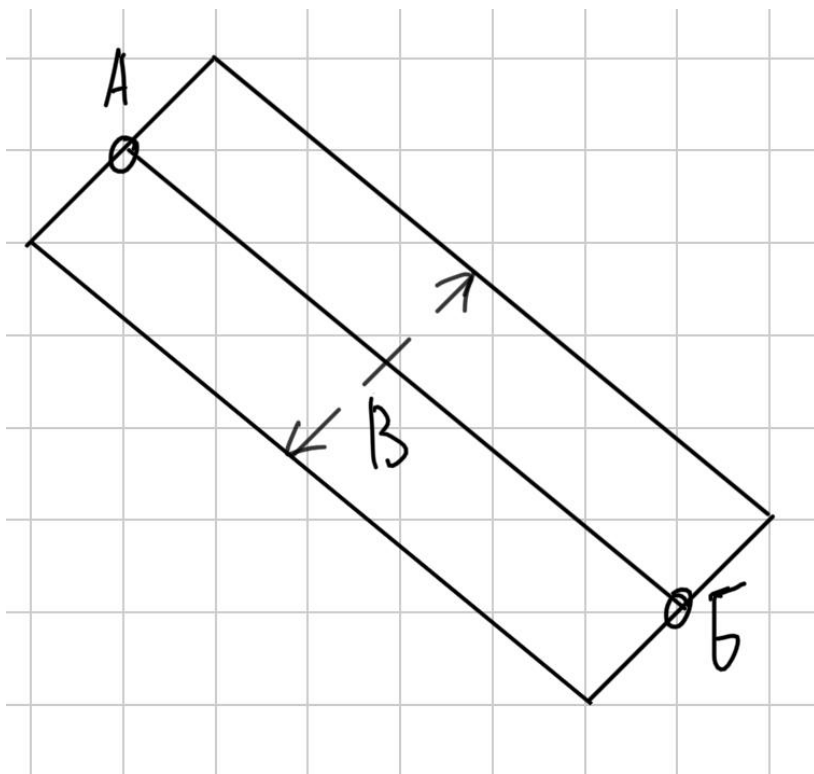
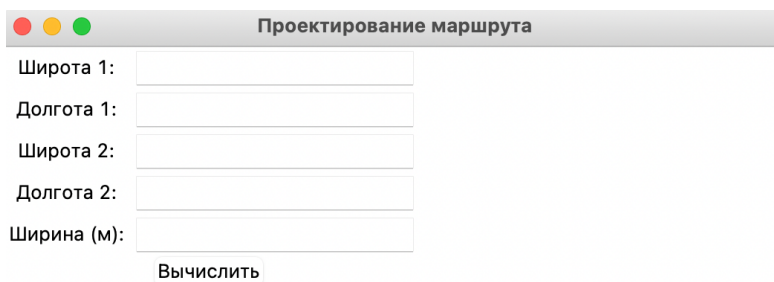


Рисунок 1. Построение полетного задания, рассчитываемое по заданным параметрам.

Результатом работы является программа, которая способна рассчитать оптимальный путь для полета БПЛА и карту высот по точкам GPS, представленная на рисунке 2. Отдельным пунктом рассчитывается значение потребления тока в зависимости от полезной нагрузки, высот и иных параметров. В результате анализа этих данных можно будет сделать вывод о характере полета, а также получить математическое описание [3]. Итоговый файл с полетной миссией выгружается в формате txt или waypoint. Данный подход позволяет использовать эти данные для загрузки данных в беспилотник используя существующее программное обеспечение для построения миссии.



Проектирование маршрута

Широта 1:

Долгота 1:

Широта 2:

Долгота 2:

Ширина (м):

Вычислить

Рисунок 2. Интерфейс программы для проектирования маршрута для БПЛА.

Выводы

Таким образом, разработка оптимизированной системы для полетной миссии БПЛА позволяет строить безопасный и оптимальный маршрут, что экономит электроэнергию и позволяет корректировать массив изначальных данных для уточнения. Полетное задание построенное по такому принципу позволяет на этапе построения определить разные полетные маршруты, сэкономить электроэнергию, время эксплуатации, а также совершить более точную привязку к местности.

Библиография

1. Иванов М.С. Беспилотные летательные аппараты. Справочное пособие. / под общ. ред. С.А. Попова; ВУНЦ ВВС «ВВА». – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015. 619с.
2. Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях / Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 22–23 мая 2018. – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, 2018. 135 с.
3. Silverberg, L. Dubins Waypoint Navigation of Small-Class Unmanned Aerial Vehicles / L. Silverberg, D. Xu // Open Journal of Optimization. – 2019. – Vol. 8 (02). – P. 59–72.
4. Методология создания системы управления воздушным движением беспилотных транспортных средств: электронное научное издание (монография) / И.Ю. Гришин, Р.Р. Тимиргалеева, И.И. Линник – Майкоп: ЭЛИТ, 2020. 161 с.

Применение метода малого параметра к решению задачи устойчивого полета летательных аппаратов (ЛА) самолетного и вертолетного типов. Пряжевский Р.Д.(МГРИ, pryazhevsky@mgri.ru), Оборнев Е.А.*(МГРИ, obornevea@mgri.ru), Назайцев М.В. (МГРИ, nagaytsev@mgri.ru)*

Аннотация

Рассматривается проблематика теории автоматического управления движением нелинейных динамических систем. Процедуры синтеза алгоритмов управления основаны на концепциях обратных задач динамики. Структура алгоритмов и их параметры определяются из условия осуществления назначенных траекторий движения. При этом особенность синтезированных алгоритмов заключается в том, что в них реализуется принцип управления по ускорению [Крутько, 1988].

Контроль нелинейной динамической инверсии (NDI) или обратной задачи динамики был разработан в конце 1970-х годов для управления нелинейными системами, применяемыми к классу систем, известных как обратные линеаризуемые [Крутько, 1988; Slotine & Li, 1991]. Он позволяет генерировать управляющую функцию на вход, используя диффеоморфизм состояния, так что, когда он применяется к системе, все отношения между виртуальным управлением и выходами системы сводятся к простым интеграторам.

Для полученной линейной системы может быть принят единственный линейный закон управления без необходимости настройки контроллера для разных условий нелинейной системы. Подробное объяснение этой техники представлено, например, в работах [Slotine и Li 1991; Enns, Bugajski, Hendrick, Stein 1994].

Ключевые слова

Нелинейная динамическая инверсия, NDI, обратные линеаризуемые задачи

Теория

Метод обратных задач динамики (NDI) позволяет строить алгоритмы управления на основе полных математических моделей управляемых процессов, отражающих фундаментальные законы механики. Применение наряду с этим принципа управления по ускорению дает возможность реализовать в замкнутых системах выраженные свойства адаптивности: при изменении динамических характеристик управляемого объекта и действующих на него возмущений управляемый процесс будет следовать с определенной точностью за траекторией движения назначенной эталонной системы. Причем если для формирования управляющих функций используются ускорения управляемых координат, то систему автоматического управления с адаптивными свойствами можно спроектировать и практически осуществить даже в тех случаях, когда нет полной информации о структуре и параметрах модели управляемого объекта [Крутько, 2004].

NDI является мощной техникой управления, которую можно применять к широкому диапазону нелинейных систем. Основная идея, лежащая в основе NDI,

заключается в использовании диффеоморфизма состояния, который является гладким и обратимым преобразованием переменных состояния, для редуцирования исходной нелинейной системы к линейной системе, которой легче управлять. Диффеоморфизм состояния разрабатывается таким образом, чтобы полученная линейная система имела специальную структуру, известную как форма Брюновски, которая характеризуется набором интеграторов.

Это означает, что выход системы может быть связан с виртуальным управляющим входом через набор интегралов. Управляющая функция на вход может быть получена путем обращения диффеоморфизма состояния и применения линейного закона управления к виртуальному управляющему входу. Одним из преимуществ NDI является то, что он не требует знания полного состояния системы, требуются только выходные переменные. Это позволяет применять его к системам, состояние которых трудно или дорого измерять.

Рассмотрим систему порядка n с одинаковым числом m входов u и выходов y и аффинными входами управления. Кроме того, выходные данные обычно совпадают с управляющими переменными и считаются физически подобными (например, три угла ориентации). Распространение теории на более сложные системы довольно просто. Данный тип системы может быть математически представлен следующим образом:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) + G(x)u \\ y &= h(x),\end{aligned}$$

где f и h - векторные поля в R^n и R^m пространствах соответственно, а G - матрица эффективности управления параметров x_m .

Процедура получения линеаризации обратной связи для инверсии системы состоит из последовательных дифференцирований по времени y до тех пор, пока не появится явная зависимость от u . С каждой производной связан новый вектор состояния, и производная последнего задается нелинейным выражением (виртуальным элементом управления) для завершения преобразования. Передаточные функции должны быть таковыми, что сигналы на вход и выход получаются ограниченными в интересующей области, для обеспечения эффективности контроллера.

Предполагая теперь, что $h(x) = x$, производная по времени первого порядка от y задается формулой:

$$\dot{y} = \dot{x} = f(x) + G(x)u.$$

Если функции f и G «хорошие» и удовлетворяют условиям теоремы о полном дифференциале, то имеет место следующее соотношение

$$\dot{x} = f_n(x) + \Delta f(x) + (G_n(x) + \Delta G(x))u.$$

Тогда управляющая функция контроллера NDI может быть выражена как:

$$\dot{x} = \Delta f_n(x) - \Delta G(x)G_n^{-1}(x)f_n(x) + (I_{n \times n} + \Delta G(x)G_n^{-1}(x))v$$

$$v = \dot{x},$$

где $I_{n \times n}$ - это матрица обратной связи, x - вектор состояния, v - измеренный выходной сигнал. В этом случае произвольные приращения Δf и ΔG могут внести ошибки моделирования, которые могут привести к неполной компенсации нелинейностей. Поэтому производительность управления может ухудшаться, а система может проявлять нежелательное поведение.

Для решения этой проблемы могут использоваться различные подходы, такие как адаптивное управление, и методы нелинейного управления. Эти методы направлены на учет неопределенностей в динамике системы и обеспечение того, что контроллер может достичь желаемой производительности, несмотря на эти неопределенности. В данной работе коллектив авторов решает данную проблему, используя непрерывную зависимость решений дифференциальных уравнений от малого параметра.

Выводы

Разработана математическая модель применение метода малого параметра к решению задачи устойчивого полета летательных аппаратов самолетного и вертолетного типов на основе нелинейной динамической инверсии.

Предложены алгоритмы управления линейными и нелинейными, одномерными и многомерными системами, связанными с устойчивостью полёта летательных аппаратов.

Библиография

1. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: нелинейные модели.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.— 328 с.— ISBN 5-02-014100-3.
2. Slotine J., Li W. Applied Nonlinear Control, New Jersey, Prentice Hall, 1991, 476 p.
3. Enns, D.F., Bugajski, D.J., Hendrick, R. C., Stein, G., "Dynamic Inversion: An Evolving Methodology For Flight Control Design," International Journal of Control, Volume 59, Number 1, pages 71-91, 1994.
4. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления Учеб. пособие для вузов. – М: Машиностроение, 2004. –576 с.

Разработка приложения для решения обратной 1D задачи МТЗ в точке зондирования средствами надстройки "Поиск решения" и VBA в MS Excel.

Родионов Е.А.* (МГРИ, rodionovea@mgri.ru). Хижняк М.А. (МГРИ, geneus003@gmail.com), Конобеев Т.А. (МГРИ, vazgen1337228@gmail.com)

Аннотация

Разработано приложение, реализующее решение одномерной обратной задачи магнитотеллурического зондирования в точке при помощи инструмента MS Excel «Поиск решения». Одномерный геоэлектрический разрез представлен совокупностью горизонтальных однородных слоев, последний слой имеет бесконечную мощность. Параметрами задачи выступают мощности и удельные сопротивления этих слоев. Априорные ограничения задаются в виде диапазонов их возможного изменения.

В силу нелинейности данной обратной задачи, поиск ее решения осуществляется при помощи метода обобщенного приведенного градиента, который реализует оптимизацию целевой функции невязок, при заданных априорных ограничениях. Пользователю предоставляется возможность выбора той или иной целевой функции. Результаты работы программы на модельных данных иллюстрируются при помощи ошибок нахождения параметров, невязок решения и графиков кривых кажущегося сопротивления и фазы импеданса.

Ключевые слова

МТЗ, модель Тихонова-Каньяра, MS Excel, VBA, поиск решения

Теория

Рассмотрим модель Тихонова-Каньяра [1,4]. Пусть задано полупространство, разделенное горизонтальными границами на N слоев мощностью h_p с удельным сопротивлением ρ_p , где p – номер слоя. Мощность последнего слоя примем равной бесконечности.

Определим целевую функцию

$$F(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M f_i^2(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1})},$$

где M – число частот (периодов) колебания магнитотеллурического поля, $f_i, i = 1, \dots, M$ – некоторая функция, выражающая невязку решения на i -й частоте.

Сформулируем оптимизационную задачу с ограничениями:

$$\begin{cases} F(N, \rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) \xrightarrow{N, \rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}} \min \\ 1 \leq \rho_{\min} \leq \rho_p \leq \rho_{\max} \leq 10^4, \quad p = 1, \dots, N, \\ 0 < h_{\min} \leq h_p \leq h_{\max} < \infty, \quad p = 1, \dots, N-1. \end{cases} \quad (1)$$

Таким образом, необходимо подобрать параметры задачи $N, \rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}$, доставляющие минимум функционала невязки F , при условии, что удельные

сопротивления слоев могут изменяться в интервале $[\rho_{\min}, \rho_{\max}]$, а мощности – в интервале $[h_{\min}, h_{\max}]$. Верхняя граница изменений удельных сопротивлений слоев в (1) указана в Ом·м. Задача (1) существенно упрощается, если положить количество слоев N априори известным и фиксированным, обратная задача в настоящей работе решается именно в такой постановке:

$$\begin{cases} F(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) \xrightarrow{\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}} \min \\ 1 \leq \rho_{\min} \leq \rho_p \leq \rho_{\max} \leq 10^4, \quad p = 1, \dots, N, \\ 0 < h_{\min} \leq h_p \leq h_{\max} < \infty, \quad p = 1, \dots, N-1. \end{cases} \quad (2)$$

Средствами MS Excel и языка VBA разработан программный продукт, который для решения оптимизационной задачи (2) вызывает встроенный инструмент «Поиск решения». При этом в силу нелинейности задачи оптимизация осуществляется при помощи метода обобщенного приведенного градиента [3].

Интерфейс разработанной программы решения одномерной обратной задачи МТЗ приведен на рисунке 1 и представляет собой лист книги MS Excel с элементами управления, ассоциированными с определенными макросами, написанным на языке VBA.

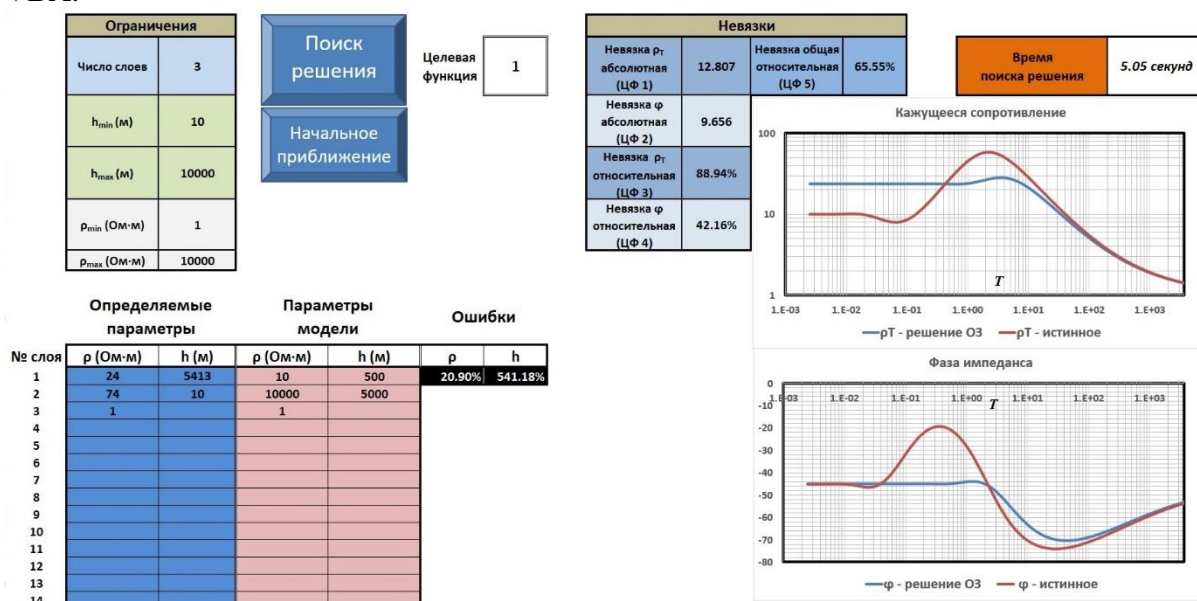


Рисунок 32. Интерфейс программы.

Программа реализует поиск решения обратной одномерной задачи МТЗ [2] в постановке (2) для данных, соответствующих параметрам определенной модели.

В ячейках, расположенных в левом верхнем углу листа программы, вводятся количество слоев решаемой задачи и ограничения на значения их удельных сопротивлений, $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$ (в Ом·м) и мощностей, $h_{\min} \leq h \leq h_{\max}$ (в м), которые предполагаются априори известными.

Область данных, расположенная в левом нижнем углу листа представляет собой послойные значения параметров (удельные сопротивления и мощности слоев) исходной модели (ячейки, залитые розовым цветом) и значения параметров, которые получаются в результате решения обратной задачи (ячейки, залитые синим цветом). Таким образом,

исходя из описания модели Тихонова-Каньяра, при заданном количестве слоев N , обратная задача имеет $2N-1$ параметров. Также, справа от значений модельных параметров располагаются средние ошибки их определения.

Обозначим через $\hat{\rho}_i, i=1, \dots, N, \hat{h}_i, i=1, \dots, N-1$, модельные (истинные) значения удельных сопротивлений и мощностей слоев соответственно, а через $\rho_i, i=1, \dots, N, h_i, i=1, \dots, N-1$, – их приближения, полученные в ходе решения обратной задачи. Ошибка определения удельных сопротивлений слоев рассчитывалась как усредненный модуль разности их десятичных логарифмов, деленный на максимальный возможный диапазон их изменения (пределы возможного изменения $\lg \rho$ предполагаются равными 0 и 4):

$$\varepsilon_\rho = \frac{1}{4N} \sum_{j=1}^N |\lg \rho_j - \lg \hat{\rho}_j|.$$

Ошибка определения мощностей слоев рассчитывалась как средняя относительная ошибка:

$$\varepsilon_h = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} \frac{|h_j - \hat{h}_j|}{\hat{h}_j}.$$

По параметрам исходной модели рассчитывается прямая задача [2] на каждом периоде заданной сетки. То же самое происходит для найденных значений параметров. В результате определяются различные невязки, которые располагаются в середине листа программы в его верхней части, и выполняют роль целевых функций оптимизационной задачи. Расчет данных по параметрам скрыт от пользователя интерфейсом программы.

При интерпретации данных МТЗ [1] обычно переходят от импеданса Z к кажущемуся сопротивлению,

$$\rho_T = \frac{10^7 |Z|^2}{4\pi \cdot \omega},$$

которое является средневзвешенным значением удельных сопротивлений слоев, в которые проникает поле на данной частоте ω , и фазе импеданса,

$$\varphi = \arg Z = \arctg(\operatorname{Im} Z / \operatorname{Re} Z),$$

которая является аргументов импеданса как комплексного числа на конкретной частоте.

Пусть $\hat{\rho}_{T,i}$ – моделируемое кажущееся сопротивление на i -й частоте ω_i (или, что то же, на i -м периоде), а $\rho_T(\omega_i, \rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1})$ – кажущееся сопротивление на i -й частоте, соответствующее решению обратной задачи, $i=1, \dots, M$. Аналогично, через $\hat{\varphi}_i$ и $\varphi(\omega_i, \rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1})$ обозначим соответствующие значения фаз импеданса.

В программе реализована оптимизация параметров задачи для пяти целевых функций, определяемых по следующим функциям невязок f_i :

- абсолютная невязка кажущегося сопротивления на i -й частоте

$$f_i^{(1)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) = |\rho_T(\omega_i, \rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) - \hat{\rho}_{T,i}|,$$

- абсолютная невязка фазы импеданса на i -й частоте

$$f_i^{(2)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) = |\varphi(\omega_i, \rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) - \hat{\varphi}_i|,$$

- относительная невязка кажущегося сопротивления на i -й частоте

$$f_i^{(3)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) = f_i^{(1)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) / \hat{\rho}_{T,i},$$

- относительная невязка фазы импеданса на i -й частоте

$$f_i^{(4)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) = f_i^{(2)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) / |\hat{\phi}_i|,$$

- средняя общая относительная невязка на i -й частоте

$$f_i^{(5)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\left(f_i^{(3)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) \right)^2 + \left(f_i^{(4)}(\rho_1, \dots, \rho_N, h_1, \dots, h_{N-1}) \right)^2 \right)}.$$

Выбор целевой функции определяется вводом цифры (от 1 до 5) в ячейке справа от текста «Целевая функция».

Помимо полученных в ходе решения обратной задачи значений пяти невязок, в правом нижнем углу листа программы строятся графики кажущегося сопротивления (в логарифмическом масштабе по обеим осям) и фазы импеданса (в логарифмическом масштабе по оси абсцисс) в зависимости от значений периода, на которых рассчитывались прямые задачи, для модельных данных и данных, полученных в результате решения оптимизационной задачи.

Наконец, интерфейс программы содержит два элемента управления – кнопки «Начальное приближение» и «Поиск решения». При нажатии на первую из них в ячейках значений определяемых параметров (залитых синим цветом) происходит задание мощности каждого слоя как $(h_{\min} + h_{\max})/2$ и удельного сопротивления как $10^{(\lg \rho_{\min} + \lg \rho_{\max})/0.5}$, эти значения служат начальным приближением в процессе решения обратной задачи, который запускается при нажатии на кнопку «Поиск решения».

После завершения работы «Поиска решения» можно произвести вторую итерацию, используя в качестве нового начального приближения значения параметров, полученные в ходе выполнения первой итерации.

В правом верхнем углу листа выводится время в секундах, затраченное программой на решение обратной задачи.

В рамках данной работы планируются определенные модификации программы: переход от удельных сопротивлений слоев к их десятичным логарифмам в качестве определяемых параметров, а также формирование сетки периодов с произвольными начальным периодом, количеством периодов и шагом.

Выводы

Создан программный продукт с наглядным интерфейсом и открытым кодом, позволяющий находить приближенное решение обратной одномерной задачи МТЗ в точке зондирования. Программа может быть полезна как обучающимся, так и заинтересованным лицам в области разведочной геофизики в целом.

Библиография

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. // Модели и методы магнитотеллурики. М.: Научный мир, 2019.
2. Зубарев Т.Л., Иванова К.М. // Прямая и обратная задачи магнитотеллурического зондирования, М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.

3. Сухарев А.В. Тимохов В.В. Федоров. Курс методов оптимизации: Учебное пособие. - [2-е изд]. // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
4. Яковлев А.Г., Пушкарев П.Ю. // Одномерная прямая задача МТЗ. Методическая разработка. Москва, МГУ, 2020.

*Глубокие нейронные сети сверточного типа как средство повышения эффективности аппроксимационного метода решения обратных задач геоэлектрики. Родионов Е.А. * (МГРИ, rodionova@mgri.ru), Шимелевич М.И. (МГРИ, shimelevich-m@yandex.ru), Оборнев И.Е. (НИИЯФ МГУ, МГРИ, o_ivano@mail.ru), Оборнев Е.А. (МГРИ, obornevea@mgri.ru)*

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы повышения эффективности использования метода аппроксимационных нейронных сетей (ИНС) для решения обратных задач (в том числе многокритериальных), сводящихся к нелинейному операторному уравнению первого рода (соответственно, к системе операторных уравнений).

Метод ИНС заключается в построении приближенного обратного оператора задачи с использованием нейросетевых аппроксимационных структур (MLP-сетей) на основе предварительно построенного набора эталонных решений прямой и обратной задач. Повышение эффективности построения таких структур в работе достигается с помощью дополнительных преобразований, составляющих слои сверточной нейронной сети и заключающихся в использовании сверточных фильтров, уменьшении размерности входных данных, физическом и алгоритмическом комплексировании, и т.д. Полученные в результате этих преобразований сжатые карты признаков адаптируются к решаемой обратной задаче большой размерности, позволяют уменьшить погрешность аппроксимации обратного оператора и, как следствие, уменьшить итоговую погрешность решения полученной обратной задачи методом ИНС. Результаты применения усовершенствованного дизайна нейронной сети демонстрируются на 2D- и 3D-модели и натуральных примерах.

Ключевые слова

МТЗ, обратная задача, MLP-сеть, сверточные нейронные сети, натурные данные

Источники финансирования

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-11-00333, <https://rscf.ru/project/19-11-00333/>.

Теория

Обратная задача геоэлектрики (методы МТЗ, МВЗ) заключается в определении удельного сопротивления среды ρ и сводится к решению нелинейного операторного уравнения I рода в классе кусочно-постоянных решений, задаваемых на сетке параметризации θ_N размерности N . Аппроксимационный нейросетевой метод [2-3] решения задачи основан на построении приближенного обратного оператора задачи (нейросетевого аппроксиматора) с помощью нейросетевых конструкций типа многослойного персептрона – MLP сети – на основе заранее построенного множества опорных решений прямых (а значит и обратных) задач – так называемого «банка решений». Это позволяет приближенно находить распределение логарифма удельного

сопротивления среды $\lg \rho_n$ в ячейках сетки θ_N по наблюдаемым данным МТЗ f_m , $m = 1, \dots, M$, в аналитическом виде:

$$\lg \rho_n \approx \sum_{s=1}^{L_g} v_g^{ns} \lambda_g \left(\dots \sum_{k=1}^{L_2} \dots \sum_{l=1}^{L_1} v_1^{kl} \lambda_1 \left(\sum_{m=1}^M w^{lm} f_m \right) \dots \right), \quad n = 1, \dots, N, \quad (1)$$

где v_i^{nl} , w^{lm} , $i = 1, \dots, \mathcal{G}$, – элементы матриц коэффициентов нейронной сети, которые определяются в процессе ее обучения на банке решений; λ_i , $i = 1, \dots, \mathcal{G}$ – заданные нелинейные функции активации. Обозначим через \square множество пар, состоящих из векторов параметров среды $\lg \rho^p$ и соответствующих им откликов (получаемых на основе решения прямой задачи) в пространстве данных f^p , $p = 1, \dots, P$, которые образуют банк решений объема P :

$$\square = \{(\lg \rho^p, f^p), p = 1, \dots, P\}.$$

Коэффициенты матриц находятся из решения оптимизационной задачи обучения нейронной сети

$$\sum_{p=1}^P \sum_{n=1}^N \left[\lg \rho_n^p - \sum_{s=1}^{L_g} v_g^{ns} \lambda_g \left(\dots \sum_{k=1}^{L_2} \dots \sum_{l=1}^{L_1} v_1^{kl} \lambda_1 \left(\sum_{m=1}^M w^{lm} f_m^p \right) \dots \right) \right]^2 \xrightarrow{v_i^{nl}, w^{lm}} \min, \quad (2)$$

где N – число параметров среды, $\lg \rho_n^p$, f_m^p , $n = 1, \dots, N$, $m = 1, \dots, M$, – компоненты векторов $\lg \rho^p$ и f^p , $p = 1, \dots, P$, соответственно, составляющих банк решений \square . Расчет банка решений – задача весьма трудоемкая, однако, ее необходимо решить один раз для заданного класса сред.

Улучшить аппроксимационные свойства таких конструкций можно с помощью дополнительных преобразований данных, предшествующих обучению MLP-сети: нормализация входных данных, применение сверточных фильтров, уменьшение размерности входных данных, физическое и алгоритмическое комплексирование, подавление влияния фоновой среды и др. Эти преобразования определяют слои глубокой сети сверточного типа, адаптированной к решаемой нелинейной обратной задаче геоэлектрики высокой размерности. Так, например, ядро свертки сети во входном слое формируется на основе технологии построения локальных аппроксиматоров [1] и методов сжатия входных данных [3]. Совокупность всех используемых преобразований позволяет уменьшить ошибку обучения MLP-сети и, как следствие – ошибку аппроксимации обратного оператора задачи.

Построенный нейросетевой аппроксиматор тестируется на независимой тестовой выборке известных решений обратных задач, которые не использовались при обучении; таким образом, вычисляется собственная (интерполяционная) ошибка аппроксиматора. Решение обратной задачи с помощью обученного аппроксиматора занимает первые секунды.

Результаты применения улучшенной конструкции демонстрируются на 2D и 3D модельных и натуральных примерах [4]. На рисунке 1 приведена 3D сцена с геологической картой и геоэлектрическим разрезом, полученным в результате решения обратной 2D задачи по натурным данным одного из участков регионального профиля 2ДВ (Дальний Восток).

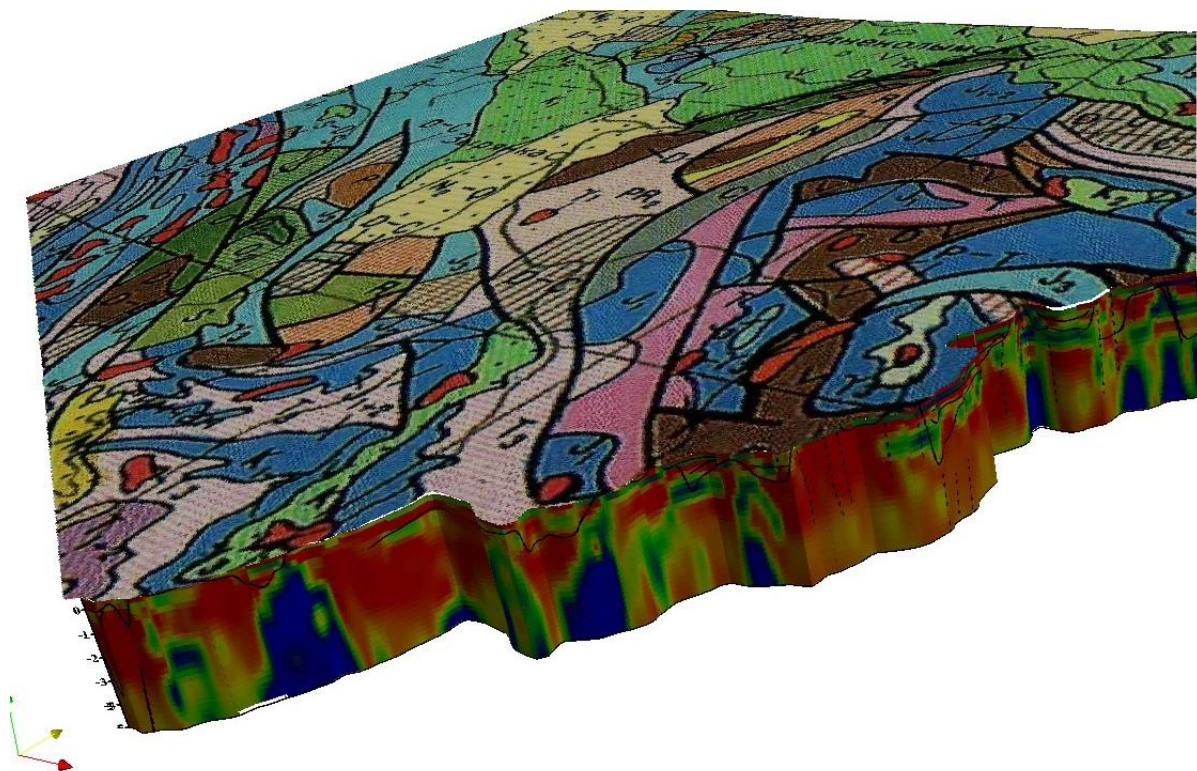


Рисунок 33. 3D сцена с геологической картой и геоэлектрическим разрезом, полученным в результате 2D-инверсии натуральных данных участка регионального профиля 2ДВ (Дальний Восток).

Выводы

Нейросетевой метод позволяет находить решение обратных задач с приемлемой точностью.

Эффективность метода повышается за счет применения сетей сверточного типа, в которых существенную роль играет сжатие данных, позволяющее уменьшить размерность данных в 10^2 – 10^3 раз.

Эффективность метода подтверждается на результатах инверсии полевых данных.

Благодарности

Работа выполнена с использованием вычислительных ресурсов Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук (МСЦ РАН) и с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова.

Библиография

1. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А. Аппроксимационный метод решения обратной задачи МТЗ с использованием нейронных сетей // Физика Земли. — 2009. — № 12. — С. 22–38.
2. Шимелевич М. И., Оборнев Е. А., Оборнев И. Е., Родионов Е. А. Аппроксимационный нейросетевой метод решения многомерных нелинейных обратных задач геофизики // Физика Земли. — 2017. — № 4. — С. 100–109. doi: 10.7868/S0002333717040093.
3. Шимелевич М. И., Оборнев Е. А., Оборнев И. Е., Родионов Е. А. Алгоритм решения обратной задачи геоэлектрики на основе нейросетевой аппроксимации // Сибирский журнал вычислительной математики. — 2018. — Т. 21, № 4. — С. 437–452. doi: 10.15372/SJNM20180408.
4. Шимелевич М.И., Родионов Е.А., Оборнев И.Е., Оборнев Е.А. // Нейросетевая 3D инверсия полевых данных геоэлектрики с расчетом апостериорных оценок // Физика Земли. — 2022. — № 5. — С. 3–13. doi: 10.31857/S0002333722050246.

Построения трехмерной модели территории на основе комплекса геофизических данных на региональном этапе геолого-разведочных работ. Финкельштейн М.Я.* (ФГБУ «ВНИГНИ», misha@geosys.ru), Каплан С.А. (ФГБУ «ВНИГНИ», kaplansam@rambler.ru), Спиридонов В.А., (ФГБУ «ВНИГНИ», victor@geosys.ru), Большаков Е.М., (ФГБУ «ВНИГНИ», bolshakov.e.m@yandex.ru)

Аннотация

Работа посвящена использованию поля силы тяжести при построении, совместно с сейсмической информацией, трехмерной модели территории. Методику целесообразно использовать на региональном этапе исследований. Элементы технологии, реализующие данную методику, входят в состав геоинформационной системы INTEGRO и применены при построении трехмерной модели Енисей-Хатангского прогиба. Работы выполнялись в рамках госзадания ФГБУ ВНИГНИ.

Ключевые слова

Потенциальные поля, сейсмические данные, трехмерная модель, комплексная модель, геоинформационная система

Теория

Информационную основу регионального этапа ГРП, как известно, составляют:

- актуальные геологические представления о формировании и строении изучаемой и сопредельных территорий. различного уровня детальности от глобального,
- данные бурения,
- данные дистанционных аэро - и космических методов,
- наблюдения на опорных геофизических профилях – геотраверсах, пересекающих крупные образования геологического пространства,
- наблюдения потенциальных полей (гравитационного и магнитного), относительно мелкого масштаба (1:1 000 000 – 1:200 000),
- профильные наблюдения сейсморазведки (МОВ-ОСТ) и электроразведки (преимущественно МТЗ).

Скважинные исследования характеризуются высокой детальностью представления геологического разреза по вертикали, но существенной ограниченностью по пространству. Сейсмические исследования на опорных и региональных профилях обладают меньшей, в сравнении со скважинными данными, детальностью по вертикали, но имеют лучшую информативность в двумерных сечениях геологического пространства. Дистанционные методы и площадные исследования потенциальных полей отличаются пространственной обзорностью, но весьма ограниченной разрешающей способностью по вертикали. Для регионального этапа, характеризующегося достаточно низкой плотностью сейсмических профилей, расстояния между которыми достигают нескольких десятков км, актуальным является объединение данных сейсморазведки и гравиметрии в решении задачи построения пространственной модели среды.

Как известно, наблюдаемое аномальное поле Δg в точке представляет сумму сил притяжения, связанных с телами, различных плотностей, размеров, положения в

геологическом пространстве и зависит от их удаления от точки на поверхности наблюдения. При этом одно и то же аномальное гравитационное поле может соответствовать различным наборам возмущающих тел (принцип эквивалентности). Поэтому невозможно получить только по гравитационным измерениям сколько-либо правдоподобную модель строения территории.

Приезжевым И.И. [1] предложено решение обратной задачи гравиразведки, основанное на преобразованиях Фурье поля силы тяжести. Ему удалось получить трехмерное распределение избыточных плотностей, гравитационный эффект от которого в точности равен наблюдаемому полю. Однако это решение далеко не единственное.

Пространство решений обратной задачи гравиразведки может быть существенно сужено при задании геометрии границ и характера изменчивости физических свойств в слоях между ними. Основным постулатом при этом является положение о том, что граница, на которой происходит скачок какого-либо физического свойства имеет объективную природу, и остальные физические свойства будут в общем случае также иметь скачок на этой границе.

Методика

Для региональных исследований интервал глубин, представленный рельефами границ, должен быть достаточно большим, в частности включать, помимо осадочного чехла, и земную кору вплоть до границы Мохоровичича (кровли мантии). Необходимая для этого информация получается в процессе исследований по опорным геофизическим и региональным профилям и при глубинных сейсмических зондированиях (ГСЗ).

Методика формируется с учетом того, что природа поля Δg , связана с двумя существенно разными по структуре объектами: земная кора и осадочный чехол. Поэтому задача использования гравитационного поля при комплексной интерпретации может быть разделена на два этапа: редукция поля по глубине (на кровлю фундамента) и комплексная интерпретация данных, отображающих строение относительно верхней части разреза - осадочного чехла.

Первый этап рассматриваемой методики состоит в построении модели на всю мощность земной коры и верхов мантии, соответствующей «глубинной» составляющей наблюдаемого гравитационного поля. Эта модель должна послужить для редукции поля силы тяжести на глубину окрестности фундамента. Излагаемая далее кратко технология следует работе [2], в соответствии с которой плотностная модель может быть представлена в виде суммы базовой и модели избыточной плотности.

Базовая модель может быть, в зависимости от сложности территории, слоистой, градиентно-слоистой или блоково-градиентно-слоистой. Структурной основой базовой модели служат поверхности основных латеральных границ земной коры и осадочного чехла, базирующиеся на результатах других методов (в большинстве случаев сейсмических), на которых наблюдается значимое изменение физических свойств.

Для их построения создается набор решений обратной задачи гравиразведки с различными дискретно изменяемыми параметрами. Эти параметры определяют

положение аномалообразующих тел. Полученные трехмерные распределения избыточных плотностей рассекаются по линиям опорных профилей. Выбирается решение, для которого горизонтальные границы на профилях наилучшим образом согласуются с огибающими разночастотных аномалий избыточных плотностей. Генерируется система ортогональных модельных профилей. На каждый из них выносятся засечки границ с опорных профилей. В межпрофильном пространстве эти границы согласованно интерполируются на основе огибающих плотностных аномалий, полученных сечением выбранного в предыдущем пункте варианта решения обратной задачи. Поверхности границ раздела земной коры и основных границ раздела осадочного чехла получают интерполяцией с сети модельных профилей и представляются в виде равномерных двумерных сеток с одинаковыми параметрами.

Плотность в каждом слое полученной модели задается с учетом априорных данных. Это достаточно грубая модель, сглаженная по вертикали и латерали, и по детальности одинакова для земной коры и осадочного чехла. По этим структурным поверхностям может быть построен плотностной куб до глубины верхних отделов мантии (~80 км) в зависимости от изучаемой территории. Далее решается прямая задача и вычисляется невязка между гравитационным эффектом от построенной модели и наблюдаемым гравитационным полем. Эта невязка итерационно минимизируется с помощью имеющегося в системе инструментов редакции структурных поверхностей и формирования интрузий в межпрофильном пространстве. После исчерпания возможностей минимизации рассчитывается обратная задача с выбранными ранее оптимальными параметрами от результирующей невязки и полученные избыточные плотности (обычно сотые г/см³) добавляются к модельным, т.е. изменяются значения плотности. Таким образом, мы получаем плотностной куб, гравитационный эффект от которого совпадает с наблюдаемым полем.

В некотором приближении можно считать, что полученная нами суммарная плотностная модель отвечает реальному положению вещей для нижней части разреза. Поскольку гравитационное поле аддитивно, то редуцированным за счет нижней части разреза полем можно считать гравитационный эффект от верхних слоев полученного плотностного куба, содержащих преимущественно весь осадочный чехол. При этом какая-то часть земной коры будет также входить в исследуемую нами часть модели.

Второй этап. Будем считать, что нам задано редуцированное гравитационное поле, полученные на первом этапе поверхности раздела в пределах осадочного чехла и земной коры, данные по редкой сети сейсмических и геоэлектрических профилей, единичные скважины и геологическая информация. При этом гравитационные данные покрывают всю площадь по сети 1*1 км, а сейсмические данные характеризуются редкой сетью профилей, но большей детальностью по каждому профилю.

Модель, которую мы должны построить, представляет из себя объем, заполненный прямоугольными параллелепипедами (вокселями). При этом, если их латеральные размеры могут быть довольно большими, то размеры по глубине должны быть такими, чтобы с их помощью можно было отобразить толстослоистую сейсмическую модель.

Некоторые границы раздела уже определены в трехмерном пространстве, а на имеющихся сейсмических профилях имеют место и промежуточные границы. Имеется

технология, позволяющая получить все необходимые поверхности раздела с опорой на уже имеющиеся, сейсмические данные и информацию о областях распространения различных отложений. В верхней части осадочного чехла слои достаточно тонки (по сравнению с размером ячейки по глубине), поэтому можно не учитывать изменения плотности от кровли к подошве и определять их, ориентируясь на скорости, заданные на сейсмических профилях.

Таким образом, мы получаем воксельную плотностную модель, от которой необходимо рассчитать гравитационный эффект и сравнить его с редуцированным полем. Если положительные и отрицательные аномалии невязки носят региональный характер, то, видимо, была допущена ошибка на стадии редуцирования и следует вернуться к предыдущему этапу, исправить модель и далее работать с обновленным редуцированным полем. Нивелировать невязку добавлением избыточной плотности, как это делалось на предыдущем этапе, недопустимо, так как при этом может принципиально нарушиться соотношение плотности и скорости.

Большая невязка указывает на наличие внедрений в слоистую модель. Такие внедрения должны быть подтверждены особенностями волновой картины на сейсмическом разрезе (при наличии соответствующего профиля на территории, где наблюдается невязка). ГИС INTEGRО предоставляет возможности для моделирования внедрений «монтажным методом» [3]. После проведения вышеописанного процесса невязка между гравитационным эффектом от модели и редуцированным полем будет уменьшена до первых миллигалов. Дальнейшей минимизации невязки можно добиться изменением геометрии поверхностей раздела в межпрофильном пространстве.

Располагая 3D плотностной моделью, возможно восстановление скоростных характеристик во всём объёме изучаемой среды. Тем самым обеспечивается количественная комплексная интерпретация сейсмо - и гравirazведки на региональном этапе исследований с построением 3D физико-геологической модели крупного объекта [4].

Выводы

Предложена количественная комплексная интерпретация геофизической информации при региональных исследованиях. Обеспечивается построение 3D физико-геологической модели изучаемого объекта, включая структурные построения в рамках толстослойной модели среды, по редкой сети региональных профилей с учетом поля силы тяжести, при взаимосогласованных значениях плотностных и скоростных характеристик. Методика опирается на геоинформационный комплекс INTEGRО, в котором функционируют основные элементы используемой технологии.

Библиография

1. Приезжев И.И. Построение распределений физических параметров среды по данным гравirazведки, магнитометрии: Геофизика, 2005, №3,46-51.
2. Спиридонов В. А., Пиманова Н.Н., Финкельштейн М.Я. Технология построения 3D плотностной модели земной коры в ГИС ИНТЕГРО. Геоинформатика 2020, №4.

3. Геоинформационные технологии для природопользования [Электронный ресурс]. – Москва – 1998-2023 Режим доступа: <http://www.gis-integro.ru>, свободный
4. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика. М., «Недра», 1976, 527с.

Методы искусственного интеллекта (нейронных сетей) в обратных нелинейных задачах геофизики с оценкой неоднозначности решений.–Шимелевич М.И. (МГРИ, shimelevich-m@yandex.ru)*

Аннотация

Рассматриваются вопросы применения аппроксимационного нейросетевого (АНС) метода для решения условно-корректных нелинейных обратных задач геофизики, которые сводятся к операторному уравнению 1 рода. АНС метод заключается в построении приближенного обратного оператора задачи с помощью нейросетевых аппроксимационных конструкций (MLP сетей) на основе заранее построенного множества опорных решений прямых и обратных задач (Data set). Устойчивость метода обеспечивается гладкостью нейросетевых аппроксимационных конструкций. Для получаемых приближенных решений вычисляются оценки неоднозначности (погрешности).

Ключевые слова

Обратная задача, аппроксимация, нейронные сети, большая размерность, геоэлектрика.

Источники финансирования

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-11-00333, <https://rscf.ru/project/19-11-00333/>.

Одно из важнейших практических приложений нейронных сетей связано с их аппроксимационными и интерполяционными свойствами, что делает их эффективным инструментом задач вычислительной математики. Начиная с 90-ых годов прошлого столетия, нейронные сети начинают применяться при решении обратных коэффициентных задач математической физики и, в частности, задач геофизики. В этих методах неизвестный обратный оператор задачи представляется в виде аппроксимационной конструкции (нейронной сети) с неопределёнными коэффициентами, которые вычисляются в процессе обучения нейросети на предварительно построенном обучающем множестве опорных решений прямых (а значит и обратных) задач (так называемом, «банке решений»). С помощью построенного таким образом обратного нейросетевого оператора (НС аппроксиматора) может быть получено интерполяционное решение обратной задачи для произвольных входных данных, не принадлежащих обучающему множеству, сравнительно быстро (обычно за первые секунды).

Нейронные сети широко используются при решении различного рода задач интерпретации и обработки геофизических данных. В настоящей работе мы ограничиваемся рассмотрением НС методов применительно к проблеме решения обратных задач геофизики (в приложении к геоэлектрике) при наличии измеренных данных, допускающих математическую постановку прямой и обратной задач. Использование нейронных сетей при решении специальных задач обработки и анализа данных в настоящей работе не рассматриваются.

Многие практические обратные задачи геофизики, рассматриваемые конечно-параметрических классах сред, сводятся к решению *нелинейного* операторного уравнения 1 рода вида:

$$A_N s = f, \quad s \in S_N \subset R^N, \quad f \in R^M, \quad (1)$$

где $s = (s^1, \dots, s^N)$ - вектор искомых параметров среды; $A_1: R^N \rightarrow F$ - оператор прямой задачи; S_N - ограниченное замкнутое множество априорных ограничений на искомые параметры, например, замкнутый куб: $[s_{\min} \leq s^n \leq s_{\min} + D_s]$, $n = 1, \dots, N$; $f = (f^1, \dots, f^M)$ - вектор измеренных входных данных. К уравнению вида (1) сводятся следующие основные обратные задачи геофизики:

- структурные обратные задачи потенциальных полей гравиметрии и магнитометрии, в которых требуется определить геометрию поверхности рудных тел или границ пластов при известных фиксированных значениях плотности и намагниченности на основе характеристик соответствующего поля, заданных в области измерений Ω_1 ;
- коэффициентные обратные задачи электромагнитных полей, используемых в электроразведке, где искомой величиной является уд. электропроводность среды (в более общих случаях - магнитная и диэлектрическая проницаемости) при заданных в области Ω_1 характеристиках электромагнитного поля;
- коэффициентные обратные задачи сейсмических упругих полей и их различных приближений, используемых в сейсморазведке, в которых искомыми являются скоростные характеристики сред при заданных в области Ω_1 характеристиках сейсмического поля.

АППРОКСИМАЦИОННЫЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ

Каким бы численным методом не решалась обратная задача (2), её приближенное решение $\tilde{s} = (\tilde{s}^1, \dots, \tilde{s}^N)$ является некоторой векторной функцией M переменных от измеренных данных f^1, \dots, f^M :

$$\tilde{s}^n = \psi^n(f^1, \dots, f^M), \quad n = 1, \dots, N.$$

Векторная функция $\Psi = (\psi^1, \dots, \psi^N)$ представляет собой последовательность вычислительных процедур решения задачи инверсии (каким-либо из существующих методов), которые и любому заданному набору входных данных $f = (f^1, \dots, f^M)$ ставят в соответствие искомый приближенный вектор $\tilde{s} = (\tilde{s}^1, \dots, \tilde{s}^N)$ параметров среды.

При аппроксимационно-интерполяционном подходе решение уравнения (1) ищется с помощью некоторой, заданной в аналитическом виде, векторной функции $\tilde{\Psi} = (\tilde{\psi}^1, \dots, \tilde{\psi}^N)$ (называемой аппроксиматором) от M переменных f^1, \dots, f^M , координатными функциями ψ^i которой являются интерполяционные многочлены, зависящие от свободных коэффициентов. Для определения свободных коэффициентов с помощью прямого оператора рассчитывается множество опорных решений прямых (а значит и обратных) задач для уравнения (1) (рис.1). Функция $\tilde{\Psi}$ должна играть роль приближенного обратного оператора для уравнения (1), поэтому коэффициенты подбираются так, чтобы значения функции наилучшим образом совпадали с известными решениями на множестве опорных решений. Эта задача сводится к минимизации функционала ошибки, и называется задачей обучения аппроксиматора. Задачи

построения опорного множества и обучения аппроксиматора требуют привлечения суперкомпьютерных технологий.

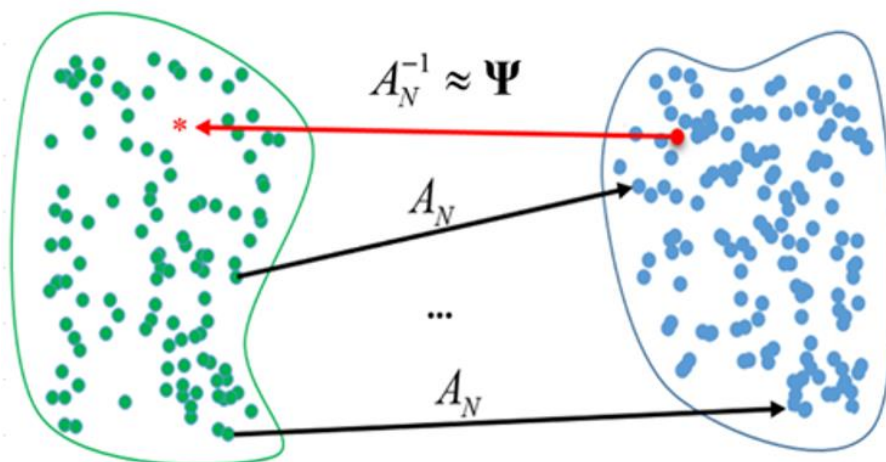


Рисунок 1. Схематическая иллюстрация аппроксимационно-интерполяционного метода. Зеленым цветом обозначены точки множества задаваемых опорных решений уравнения (1), синим - точки множества расчетных откликов среды.

Обученный аппроксиматор $\tilde{\Psi}$ позволяет без задания первого приближения быстро (за первые десятки секунд) и единообразно вычислять приближенное решение нелинейной обратной задачи (1) для любых измеренных данных $f \in R^M$ (т.е. для любых точек между синими точками), что является основным достоинством аппроксимационного метода. При необходимости найденное приближенное решение уточняется путем построения новых аппроксиматоров или методами случайного поиска, что требует дополнительных вычислительных ресурсов.

В *аппроксимационном нейросетевом* (АНС) методе в качестве координатных функций $\tilde{\psi}^i$ аппроксиматора Ψ используются нейросетевые аппроксимационные конструкции типа многослойного персептрона (MLP сети). Устойчивость метода по отношению к входным данным обеспечивается непрерывность координатных функций аппроксиматора.

Экстремальная задача обучения аппроксиматора решается с применением алгоритмов машинного и глубокого обучения с учителем. Правильность работы обученных НС аппроксиматоров проверяется на специально построенных (экзаменационных) множествах известных решений обратных задач.

Представленный подход к решению обратных задач можно трактовать, как обобщение палеточного метода 1D интерпретации геофизических данных на 2D, 3D задачи.

Для получаемых приближенных решений обратной задачи в рамках теоретико-функционального подхода вычисляются априорные и апостериорные оценки практической неоднозначности (погрешности), независимые от применяемого метода инверсии [Шимелевич, 2020] и позволяющие объективно оценить достоверность и состоятельность результатов интерпретации измеренных данных.

Развиваемый АНС метод в настоящее время практически реализован в основном для решения обратных 2D, 3D задач геоэлектрики [Шимелевич и др. 2018; В. Liu et al., 2020]. Имеются также первые результаты применения АНС метода для решения обратных задач гравимагнитометрии [Hu Z. et al., 2021; Guo J. et al., 2021]

Выводы

Последние годы наблюдается заметный прогресс в области применения нейросетевых технологий при решении обратных задач геофизики. Развиваемый АНС метод позволяет:

- строить универсальные НС аппроксиматоры, способные устойчиво решать нелинейные обратные нелинейные 2D, 3D задачи геофизики в конечно-параметрических классах сред с числом искомым параметров сред $\approx n \cdot 10^3$ и более за первые десятки секунд с приемлемой для практики точностью;
- вычислять оценки практической неоднозначности (погрешности) решений, получаемых с помощью нейросетевых технологий, присущие самому НС методу инверсии, а также универсальные оценки, не зависящие от применяемого метода.

Благодарности

Работа выполнена с использованием вычислительных ресурсов Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук (МСЦ РАН) и с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова.

Библиография

1. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Оборнев И.Е., Родионов Е.А. Применение нейронных сетей в нелинейных обратных задачах геофизики // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2020. Т. 60, № 6. С. 1053–1065.
2. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Оборнев И.Е., Родионов Е.А. Алгоритм решения обратной задачи геоэлектрики на основе нейросетевой аппроксимации // Сибирский журнал вычислительной математики. 2018. Т. 21, № 4. С. 437–452.
3. В. Liu et al., Deep Learning Inversion of Electrical Resistivity Data // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2020. Vol. 58, no. 8, pp. 5715-5728.
4. Hu Z. et al., Inversion of magnetic data using deep neural networks // Physics of The Earth and Planetary Interiors. 2021. 311(1):106653
5. Guo J. et al., 3D geological structure inversion from Noddy-generated magnetic data using deep learning methods // Computers & Geosciences. 2021. Vol. 149. 104701
6. Шимелевич М. И. О методе расчета модуля непрерывности обратного оператора и его модификаций с приложением к нелинейным задачам геоэлектрики // Вычислительные методы и программирование. 2020. Т. 21, № 4. С. 350–372.