

№6 (98) декабрь 2022

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

ВЕК

РЕГУЛИРОВАНИЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В РФ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ И ЧАСТНЫЙ ВЗГЛЯД

ДЕФИЦИТНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ
ПЕРСПЕКТИВЫ ШИРОКОГО
ВОВЛЕЧЕНИЯ В ОТРАБОТКУ

ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ
УГЛЕВОДОРОДНОЕ СЫРЬЕ
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ



Для получения доступа ко всем
выпускам журнала сканируйте QR-код
или перейдите по ссылке
nedra21.ru

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

XXI ВЕК

Научно-технический журнал

Nedropolzovanie XXI vek

Межотраслевой
научно-технический журнал

12+

№ 6 декабрь 2022

Издается с ноября 2006

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

Ассоциация организаций в области недропользования
«Национальная ассоциация по экспертизе недр»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Д.Б. Бурдин, главный геолог ФБУ «ГКЗ», заместитель председателя ЦКР-ТПИ Роснедра, канд. экон. наук

ПАРТНЕР ЖУРНАЛА

Ассоциация по координации деятельности недропользователей
«Научно-технический центр инновационного недропользования», www.tcin.ru

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ЭКСПЕРТНОГО СОВЕТА

А.А. Гермаханов, заместитель руководителя Федерального агентства по недропользованию

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

Н.Н. Андреева, зав. кафедрой РГУ нефти и газа, вице-президент Союза нефтепромышленников РФ, д-р техн. наук, профессор
С.Ю. Глазьев, академик РАН
И.С. Гутман, генеральный директор ИПНЭ, канд. геол.-мин. наук, профессор, академик РАЕН
А.Н. Дмитриевский, академик РАН, д-р геол.-минерал. наук
И.С. Закиров, председатель совета директоров ООО «ПЕТЕК»
Е.И. Петров, руководитель Федерального агентства по недропользованию
О.С. Каспаров, заместитель руководителя Федерального агентства по недропользованию
А.В. Третьяков, директор АООН «НАЭН»
С.Г. Кашуба, председатель НП «Союз золотопромышленников»
А.Э. Конторович, академик РАН, д-р геол.-минерал. наук
М.Ф. Корнилов, генеральный директор ООО «Новая сырьевая компания»
Дэвид МакДональд, вице-президент по запасам British Petroleum, Председатель экспертной группы по ресурсным классификациям (EGRC) при ЕЭК ООН
П.Н. Мельников, генеральный директор ФБУ «ВНИГНИ», канд. геол.-минерал. наук
С.М. Мионов, депутат ГД, руководитель фракции партии «Справедливая Россия» в ГД
Р.Х. Муслимов, консультант президента республики Татарстан по вопросам разработки нефтяных и нефтегазовых месторождений, д-р геол.-минерал. наук, профессор КФУ, академик АН РТ
Д.Л. Никишин, заместитель директора по правовым вопросам ФГКУ «Росгеоэкспертиза», канд. юрид. наук, заместитель главного редактора
А.В. Пак, заместитель генерального директора ООО «Интернедра Менеджмент» (управляющая компания ЗАО «ОГК Групп» и дочерних обществ)
К.Н. Трубецкой, главный научный сотрудник УРАН ИПКОН РАН, академик РАН
П.П. Повжик, заместитель генерального директора ПО «Беларуснефть», канд. техн. наук

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

А.А. Герт, директор ООО «Сибирский НТЦ нефти и газа», д-р экон. наук, профессор
А.И. Черных, генеральный директор ЦНИГРИ, канд. геол.-минерал. наук
В.М. Аленичев, главный научный сотрудник Института горного дела УрО РАН, профессор, д-р техн. наук
Т.В. Башлыкова, директор НВП Центр – ЭСТАgeo
А.А. Романченко, действительный член, заместитель руководителя, научно-технический консультант Академии Горных Наук, генеральный директор ООО «ЕМС-майнинг», канд. техн. наук
Н.А. Еремин, д-р техн. наук, заместитель директора по инновационной работе ИПНГ РАН
В.И. Воропаев, главный геолог ФБУ «ГКЗ»
Н.Д. Вержанская, первый заместитель генерального директора ООО «Сентябрь»
Р.Г. Джамалов, зав. лабораторией Института водных проблем РАН, д-р геол.-мин. наук, академик РАЕН
В.М. Зуев, заместитель начальника аналитического управления ПАО АК «Алроса»
А.Б. Лазарев, начальник управления запасов ТПИ – главный геолог ФБУ «ГКЗ»
Т.П. Линде, ученый секретарь ФБУ «ГКЗ», канд. экон. наук
Е.С. Ловчева, начальник отдела подземных вод ФБУ «ГКЗ»
Н.С. Пономарев, руководитель Тимано-Печерской нефтегазовой секции ЦКР-УВС, заместитель руководителя Центральной нефтегазовой секции ЦКР Роснедра по УВС
И.Ю. Рассказов, директор ИГД ДВО РАН, д-р техн. наук
М.И. Саакян, старший Вице-президент Заместитель Директора Филиала «ДеГольер энд МакНотон», канд. геол.-минерал. наук
Н.А. Сергеева, начальник управления по недропользованию ПА Сургутнефтегаз, канд. экон. наук
Н.И. Толстых, вице-президент НОУ «Школа Право ТЭК»
С.В. Шапкин, ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра угля и углекислоты СО РАН, д-р техн. наук
А.Н. Шандрыгин, главный научный сотрудник ООО «ГазпромВНИИГАЗ», д-р техн. наук

ПРЕДСТАВИТЕЛИ:

От Федеральных округов РФ
Центральный федеральный округ
С.С. Серый, ФГУП ВИОГЕМ, заместитель директора по науке, канд. техн. наук, lggt@mail.ru

Северо-Западный федеральный округ
С.В. Лукичев, начальник отдела Горного института КНЦ РАН, д-р техн. наук, lu24@goi.kolasc.net.ru

Приволжский федеральный округ
А.К. Вишняков, заведующий лабораторией ЦНИИГеолнеруд, канд. геол.-мин. наук, root@geolnerud.net, Technology-geolnerud@yandex.ru

Южный федеральный округ
И.И. Сендецкий, генеральный директор ООО Южный центр Экспертизы недр, канд. геол.-мин. наук, yug-ekspertiza@mail.ru

Уральский федеральный округ
А.В. Гальянов, профессор кафедры маркшейдерии Уральского государственного горного университета, д-р техн. наук, sgimd@mail.ru

Сибирский федеральный округ
С.В. Костюченко, заместитель директора ООО СИАМ-Инжиниринг, д-р техн. наук, KostuchenkoSV@siamoil.ru

В зарубежных государствах

Австралийский Союз
М.В. Середкин, ведущий геолог CSA Global, Maxim.Seredkin@csaglobal.com

Азербайджанская республика
И.С. Гулиев, вице-президент Национальной Академии наук Азербайджана, академик НАНА, iguliyev@gia.az, ant@azdata.az

Кыргызская республика
И.К. Чунуев, профессор Кыргызского государственного университета геологии, горного дела и освоения природных ресурсов, канд. техн. наук, ichunuev@gmail.com
А.В. Рогольский, исполнительный директор Кыргызского общества экспертов недр
О.В. Ким, управляющий директор Kazakhstan mineral company, канд. геол.-мин. наук, okim@wkmc.kz

Республика Армения

Ю.А. Агабян, профессор Государственного инженерного университета Армении, д-р техн. наук, aghabalyan@mail.ru

Республика Беларусь

Я.Г. Грибик, заведующий лабораторией геотектоники и геофизики Института природопользования НАН Беларуси, канд. геол.-мин. наук, yaroslavgribik@tut.by

Республика Казахстан

В.В. Данилов, технический директор Kazakhstan mineral company, vdanilov@wkmc.kz

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор – Денис Бурдин, burdin@naen.ru, d.b.buridin@yandex.ru
Выпускающий редактор – Наталья Решмакова, reshmakova@naen.ru
Редактор-корректор – Марина Сорокина, m.sorokina@naen.ru
Корректор – Наталья Телешенко, natu-09@mail.ru
Ведущий аналитик – Сергей Матвейчук, matvichuk@naen.ru
Ведущий редактор – Елена Поваренкова, e.povarenkova@naen.ru
Верстка – Мария Даценко, mary-ast@mail.ru

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

115054, Москва, Б. Строченовский пер., 7, оф. 509
Тел.: +7 (495) 780-33-12
www.naen.ru
info@naen.ru, e.povarenkova@naen.ru, matvichuk@naen.ru

Подписано в печать 30.12.2022

Формат 60x90/8, объем 19 п.л.
Печать: ООО «Роликс»
Заявленный тираж 5000 экз.
Подписные индексы по каталогам:
«Роспечать» – 81974, «Урал-Пресс» – 014055
«Недропользование XXI век», 2022.

Перепечатка материалов журнала «Недропользование XXI век» невозможна без письменного разрешения редакции.
При цитировании ссылка на журнал «Недропользование XXI век» обязательна.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».

Издание включено в перечень РИНЦ по специальностям:
010601. Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика. 010609. Геофизика.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-28159 от 25.05.2007.

ISSN 1998-4685, ISSN 2782-4462 (эл.версия)

*С Новым
Годом!*



Уважаемые друзья, коллеги!

От лица Федерального агентства по недропользованию, от всей души поздравляю коллектив журнала «Недропользование XXI век» и всю горно-геологическую общественность с Новым 2023 годом и Рождеством!

Прошедший год был годом преодоления серьезных вызовов, как для нашей страны, так и для горно-геологической отрасли. Во многом благодаря сплочённости политического руководства, управленцев всех уровней, тружеников отрасли мы смогли справиться с этими вызовами. Духовные силы необходимые для преодоления нынешних и грядущих трудностей мы черпаем из памяти о героических подвигах горняков и геологов, как в годы войны, так и во времена прорывных проектов развития минерально-сырьевого сектора отечественной экономики.

Уверен, что и 2023 год принесет нам очередные успехи в деле строительства суверенной экономики, минерально-сырьевой фундамент которой создаёт горно-геологическая отрасль.

В предстоящем году хочется пожелать каждому здоровья, энергии, расцвета творческих сил, упорства, выдержки и терпения.

Коллектив журнала «Недропользование XXI век» и все его авторы вот уже более 15 лет освещают актуальные проблемы законодательства, отечественные и мировые стандарты оценки запасов и ресурсов полезных ископаемых; инновационные технические решения и новые технологии разведки и разработки месторождений; состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы России, доминирующие тенденции на внутренних и мировых рынках минерального сырья.

Всем вам хочется пожелать новых светлых и смелых идей, острых и конструктивных полемик в «Дискуссионном клубе» издания, новых материалов – актуальных и интересных, а также расширения круга талантливых авторов и признательных читателей!

Руководитель
Федерального агентства по недропользованию

Е.И. Петров



Поздравляю коллектив журнала «Недропользование XXI век»
с Новым 2023 годом!

Ваш журнал вот уже более 15 лет является уникальным изданием в сфере недропользования. В нём освящаются актуальные вопросы нормативно-правового обеспечения; производственная и научная проблематика, как в области геологии, так и добычного дела. На страницах журнала публикуются авторитетные представители законодательной и исполнительной власти; видные учёные, знающие своё дело производственники. Такое всестороннее обсуждение проблем и перспектив развития в различных областях недропользования позволяет находить оптимальные решения.

Текущая ситуация создает обстоятельства, при которых мы должны наращивать нашу созидательную мощь при формировании новых условий недропользования. Благодарю вас за активное освещение событий по самым актуальным вопросам Российского и мирового недропользования.

Желаю коллективу журнала благополучия в Новом Году, расширения читательской аудитории и новых интересных публикаций!

Заместитель руководителя
Федерального агентства по недропользованию

А.А. Гермаханов





Уважаемые друзья!

От лица всего коллектива журнала и от себя лично искренне поздравляю Вас с наступающим Новым 2023 годом!

По традиции, подводя итоги не простого уходящего 2022 года, со всей искренностью можно отметить, что он сделал нас сильнее, честнее, самоотверженней.

Давайте возьмем с собой эти качества в 2023 год, добавим к ним ответственность, любовь к профессии и Родине, нашему необыкновенному народу и со всем этим запасом постараемся сделать нашу жизнь лучше!

Дорогие друзья! Желаю вам смелости, твердости духа, продуктивной дерзости, здоровья и желания смотреть в будущее, ожидая от него только самых светлых и счастливых открытий!

С Новым 2023 годом!

С уважением, Д.Б. Бурдин



***Друзья, коллеги!
Коллектив АООН НАЭН поздравляет Вас
с Новым 2023 годом!***

Прошедший 2022 год знаменателен тем, что сложная геополитическая обстановка задала вектор на суверенизацию отечественной экономики. Существенную роль в этом процессе играет становление независимой системы стоимостной оценки запасов и ресурсов полезных ископаемых, добываемых недропользователями. Приобрел крайнюю актуальность разработанный АООН НАЭН российский стандарт Публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых, а также разработанная совместными усилиями с отраслевыми лидерами, специалистами нефтяных и газодобывающих компаний, а также Научно-техническим обществом нефтяников и газовиков имени академика И. М. Губкина «Система управления углеводородными ресурсами» на основе международно-признанной PRMS SPE.

В настоящее время на основе этих стандартов Минфин, Минэкономразвитие и Минприроды работают над утверждением регламентов по расчёту стоимостных показателей для юниорных и добычных компаний. Надеемся, что в наступающем году совместными усилиями общественных и научных организаций, регулирующих органов и недропользователей поставленные задачи будут выполнены.

**Желаем вам в Новом году здоровья и семейного благополучия,
а также трудовых и творческих успехов на благо нашего Отечества!**

**Директор АООН НАЭН
Третьяков А.В**

ТЕМА НОМЕРА

Регулирование недропользования в РФ Государственный и частный взгляд Дефицитное минеральное сырье Перспективы широкого вовлечения в отработку

№6

декабрь
2022**ТЕМА НОМЕРА**

- 10 *Д.Б. Бурдин*
Анализ динамики изменения качества технических проектов в РФ, согласовываемых комиссией Федерального агентства по недропользованию (ЦКР-ТПИ)
- 14 *А.А. Твердов*
Последствия санкционной политики западного сообщества на область недропользования твердых полезных ископаемых
- 20 **НОВОСТИ**
- НАУКИ О ЗЕМЛЕ: СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА**
- 26 *В.С. Дадыкин, О.В. Дадыкина, Н.А. Язвенко*
Методические аспекты планирования воспроизводственного цикла геологической продукции на основе онтологического моделирования
- 32 *А.А. Логинов*
Белокурихинское месторождение радоносодержащих кремнистых термальных вод
- 40 *Б.В. Боровский, А.Л. Язвин*
Достоверность прогноза качества питьевых подземных вод как основа квалификации месторождений по группам сложности
- 49 *Л.Г. Нерадовский*
Сравнительный анализ прочности осадочных пород в криолитозоне Южной Якутии и на территории г. Нерюнгри
- 60 **НОВОСТИ ИЗ КОМИТЕТА ГД**
- НАУКИ О ЗЕМЛЕ: ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА**
- 62 *М.М. Шац*
Геотехнологические условия освоения серебро-полиметаллического месторождения Верхне-Менкече (Северо-Восточная Якутия)
- 67 *И.Н. Полшкова, Т.Н. Саевец, Р.З. Ахметшин*
Математическая модель стационарной фильтрации неоднородной жидкости на примере нефтеносного бассейна Пермского Предуралья
- 78 *М.А. Богуславский, Д.М. Коршунов*
Методика разведки каолиновых глин и ГОСты с ними связанные требуют серьезных изменений подходов
- 86 *С.Н. Меньшиков, С.К. Ахмедсафин, С.А. Кирсанов, И.В. Бабкин, С.А. Егурцов, Ю.В., Иванов, С.Б. Свинцицкий*
Выделение насыщенных рапой интервалов в геологическом разрезе скважин по данным комплекса ядерно-физических методов ГИС (на примере территории Прикаспийской НГП)
- НАУКИ О ЗЕМЛЕ: ИННОВАЦИИ**
- 94 *Сальников С.А., Ашигян Д.Г., Ильин А.С., Рудаковская С. Ю., Ашигян К.Д.*
Трудноизвлекаемые запасы: Современные химические методы интенсификации притока из низкопроницаемых карбонатных коллекторов и коллекторов в сложных термобарических условиях
- ДИСКУССИОННЫЙ КЛУБ**
- 106 *М.А. Богуславский*
Размышления на тему введения новых элементов в список стратегических видов минерального сырья и появление термина «дефицитные виды минерального сырья»

С НОВЫМ ГОДОМ И РОЖДЕСТВОМ!

мира, добра..

ждем весной...



ISSUE TOPIC

Regulation of subsoil use in the Russian Federation

Official and independent opinion

Rare mineral resources

Prospects for a wide involvement in mining

№6

December
2022**ISSUE TOPIC**

- 10 *D.B. Burdin*
Analysis of the dynamics of changes in the quality of technical projects in the Russian Federation approved by the Commission of the Federal Agency for Mineral Resources
- 16 *A.A. Tverdov*
Western Sanctions Policy's Impact on Solid Minerals Sector
- 20 **NEWS**
- EARTH SCIENCES: COMMODITIES BASE AND GEO EXPLORATION**
- 26 *V.S. Dadykin, O.V. Dadykina, N.A. Yazvenko*
Methodological aspects of planning the reproduction cycle of geological products based on ontological modeling
- 32 *A.A. Loginov*
Belokurikhinskoye deposit of radon-containing siliceous thermal waters
- 40 *B.V. Borevsky, A.L. Yazvin*
Reliability of the forecast of the quality of potable groundwater as the basis for the qualification of deposits by complexity groups
- 49 *L.G. Neradovskii*
Comparative analysis of the strength of sedimentary rocks in the permafrost zone of South Yakutia and in the territory of the city of Neryungri
- 60 **STATE NEWS**
- EARTH SCIENCES: MINING AND PROCESSING**
- 62 *M. M. Shatz*
Geoeconomical conditions of the initial stage of development of the silver-polymetallic deposit Upper-Menkeche (North-Eastern Yakutia)
- 67 *I.N. Polshkova, R.Z. Akhmetshin, T.N. Saevets*
Mathematical model of inhomogeneous liquid stationary filtration on the example of the Permian Urals oil-bearing basin
- 78 *M.A. Boguslavskiy, D.M. Korshunov*
Methods of exploration of kaolin clays and state standards in modern realities require serious changes in approaches
- 86 *S.N. Menshikov, S.A. Egurtsov, Yu. V. Ivanov, S.K. Akhmedsafin, S.A. Kirsanov, I.V. Babkin, S.B. Svintsitsky*
Picking of natural brine saturated intervals in well logs as prompted by the data from a package of nuclear physics-based WL methods (the case of Caspian oil and gas province)
- EARTH SCIENCES: INNOVATIONS**
- 94 *S.A. Salnikov, D.G. Ashigyan, A.S. Ilyin, S.Yu. Rudokovskaya, K.D. Ashigyan*
Hard-to-recover reserves: Modern chemical methods of intensification of inflow from low-permeable carbonate reservoirs and reservoirs in difficult thermobaric conditions
- DISCUSSION CLUB**
- 106 *M.A. Boguslavskiy*
Reflections on the expanding the list of strategic types of mineral resources and the appearance of the term «critical minerals»

**Бурдин Д.Б.**

Гл. геолог ФБУ «ГКЗ»,
Зам. председателя ЦКР-ТПИ Роснедр,
к.э.н., эксперт ОЭРН
burdin@naen.ru

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В РФ, СОГЛАСОВЫВАЕМЫХ КОМИССИЕЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ (ЦКР-ТПИ)

В статье рассмотрено качество разрабатываемых недропользователями технических проектов освоения месторождений твердых полезных ископаемых. Проведен ретроспективный анализ состава проектной документации и причин отказа в согласовании комиссией Роснедра. В результате проведенного анализа сформулированы определены основные группы замечаний к техническим проектам, а также определена ключевая роль технических проектов в системе регулирования отрасли и в вопросе обеспечения инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: Роснедра, ЦКР-ТПИ, запасы, классификация запасов, государственная экспертиза, инвестиции, стоимостная оценка, георесурсный потенциал, извлечение из недр, рациональное использование недр, экспертиза, недропользование, полезные ископаемые, проекты, технические решения, инжиниринг, рентабельные запасы.

В Российской системе регулирования недропользования, одним из ключевых моментов, формирующих правовые основания и разрешения на добычу полезных ископаемых, является процедура, предусмотренная статьёй 23.2 Закона РФ «О недрах» – согласование технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых.

При этом, технические проекты разработки месторождений полезных ископаемых, технические проекты строительства и эксплуатации подземных сооружений, технические проекты ликвидации и консервации горных выработок, буровых скважин и иных сооружений, связанных с использованием недрами, а также изменения, вносимые в указанные технические проекты (далее в

статье, в целях упрощения понимания, все эти виды проектной документации мы объединим под одним названием – «технический проект»), до утверждения недропользователем подлежат согласованию с комиссией, которая создается федеральным органом управления государственным фондом недр – ЦКР Роснедра (далее – ЦКР).

В виду того, что основной задачей ЦКР является соблюдение принципов рационального недропользования (определяемых 23 статьёй Закона РФ «О недрах») согласуемые технические проекты, являются результатом целого комплекса предпроектных и проектных мероприятий/работ в различных сферах, связанных с недропользованием.

Это подтверждается лишь только тем фактом, что рациональное недропользование априори не может быть таковым без обеспечения достаточно полного и рационального комплекса поисковых и разведочных мероприятий, достоверного подсчета запасов и ресурсов в недрах; обеспечения строительных норм и правил; выполнения требований промышленной и экологической безопасности, глубокой инженерно-технической проработки всех аспектов подготовительных и добычных работ (обеспечивающих наиболее полное извлечение учтённого минерального сырья из недр), проработка технико-технологических аспектов первичной переработки минерального сырья и производства товарной продукции.

Отдельно стоит отметить вопрос оценки последствий производимых горно-геологических работ: экономические, горно-геологические, технико-экономические, экологические и пр.

Не секрет, что проект берет на себя ответственность не только за экономическую эффективность, но и за возникновение чрезвычайных обстоятельств: оползней, обрушений бортов, засыпки запасов и т.д.

Таким образом технический проект является собой результатом, концентрирующим в себе инженерные решения, хозяйственно-экономическую значимость которых в т.ч. для национальной экономики сложно переоценить.

В целях определения основных задач, которые можно поставить, как перед системой государственного регулирования недропользования в части ее совершенствования, а также перед российским инжинирингом, необходимо выполнить общий анализ качества проектной документации, поступающей на согласование ЦКР Роснедра, охватив при этом максимально возможный период работы ЦКР. Далее будет рассмотрен опыт работы ЦКР-ТПИ Роснедр (далее – ЦКР-ТПИ).

В начале следует оговориться, что в данном анализе не будет даваться оценка самой системе регулирования, а сам анализ будет строиться на принципах здравого смысла и соответствия основным подходам деятельности ЦКР-ТПИ: т.е. – соблюдение принципов рационального недропользования и обеспечение наиболее полного извлечения запасов ПИ из недр, а также соблюдение требований основных нормативно-правовых документов и принципов регуляции отрасли.

Проводя анализ динамики поступления видов и типов проектной документации на согласование ЦКР-ТПИ с момента начала ее функционирования (2006 год), необходимо отметить серьезный рост числа проектной документации, направляемой на согласование в ЦКР-ТПИ, по сравнению с прошлым периодом: 2006-2010гг.; 2011-2016гг.:

- Период 2006-2016 гг. – в среднем порядка 250 технических проектов в год;
- 2021 – 506 ед.;
- 2022 – 540 ед.

В 2021 году более 13% технических проектов было снято с рассмотрения в связи с несоответствием документации требованиям законодательства РФ.

Отказано в согласовании в связи с тем, что проектная документация не соответствует принципам рационального недропользования – 8,7%. Согласовано на ограниченный срок с замечаниями – 11,1%.

Таким образом, из поступивших в Роснедра на согласование в 2021 году, в той или иной степени не удовлетворяло всем требованиям ЦКР-ТПИ – порядка 33% проектной документации.

В 2022 году: из поступивших на рассмотрение 540 технических проектов – 140 (25,9%) снято с рассмотрения в связи с несоответствием документации требованиям законодательства РФ. Отказано в согласовании – 80 проектам (14,8%).

Суммарно, из общего числа поступивших в ЦКР-ТПИ на согласование проектной документации, без согласования в 2022 году осталось порядка – 40,7% проектных документов.

На лицо существенный рост числа некачественной проектной документации, направляемой на согласование в ЦКР-ТПИ (число неудовлетворительных проектов не коррелирует с опытом и сроком существования проектной компании на рынке). И это при том, что подавляющее большинство проектных компаний, выполняющих проект, в преамбуле документа указывают, что он подготовлен в полном соответствии с требованиями законодательства РФ о недрах.

Проведя анализ качества проектной документации, а также ее соответствия требованиям законодательства РФ и здравому смыслу, не противоречащему парадигме государственной системы регулирования недропользования, все основные причины отказов можно разделить на следующие основные группы, определив при этом, также, и зоны ответственности при подготовке технического проекта:

Вопросы, связанные с исполнением требований законодательства РФ (ответственность недропользователя и проектной организации);

К этой группе относятся вопросы, связанные с соблюдением условий лицензирования, исполнение требований различных контрольно-надзорных органов, требований различных Кодексов (УК, НК, ГК, КоАП) и пр.

Вопросы полноты представляемой информации, стандартов и качества оформления проектной документации (ответственность проектной организации);

В данной группе, в первую очередь стоит отметить, что анализ динамики изменения ка-

чества проектной документации (с 2006 года) показывает – в последние годы, все большую ее примитивизацию по сути: проработки проектных решений, в т.ч. их обоснования, а также минимизации информации: как по ключевым базовым вопросам, на которых основывается проект, так и механизмам, позволяющим определить – как будет реализовываться проект.

В проектах рассматриваются вырванные из контекста положения с отсылкой на техническое задание, без их системного описания.

В целом можно сказать, что подавляющая масса проектной документации, содержит нарушение требований по оформлению проектной документации, также качество представляемых на согласование документов не позволяет провести их оценку без привлечения авторов¹.

Вопросы рационального недропользования, обеспечение наиболее полного извлечения запасов из недр в т.ч. (ответственность проектной организации):

- геологическая часть – отсутствие полноценного и системного описания геологических факторов и предпосылок, определяющих горнотехнические решения. Обоснование очередности, геологических последствий выполнения положений рассматриваемого проекта;

- горнотехническая часть – комплексное обоснование принимаемых проектных решений, обоснование выбранных вариантов, определение и обоснование критериев выбора. Обоснование динамики рудопотоков, оценка последствий и изменения качественно-количественных характеристик полезного ископаемого и месторождения в целом за пределами рассматриваемого временного интервала;

- технико-технологическая часть – от оценки и обоснования данного раздела напрямую зависят характеристики товарной продукции, определяющей экономическую целесообразность освоения месторождения и стоимостные показатели, определяющие инвестиционную привлекательность георесурсного потенциала. В связи с тем, что это во многом может влиять на полноту отработки запасов месторождения, объективная оценка эффективности технологической схемы, во многом, является определяющей;

- экономическая часть – рассмотрение данного раздела как результирующего, обосновывающего экономически правильность выбранных технико-технологических решений.

Остановившись на качестве выполнения данного раздела, особо следует подчеркнуть, зачастую, его низкое качество. Путаются термины и определения, приводятся ошибочные

значения показателей (явно указывающие на ошибочность расчетов) без понимания их физического смысла. Особо часто встречаются нарушения в части оценки эффективности на действующих предприятиях, а также подмены показателя бюджетного эффекта, термином – бюджетная эффективность – имеющего иную направленность и привила определения.

В соответствии с теорией и практикой оценки инвестиционной привлекательности горнопромышленных проектов, степень точности и правильности оценки данного раздела является основанием для истинной оценки рентабельности извлекаемых запасов, возможности оптимизации проектных решений, а также оценка рациональности принимаемых решений с позиции полноты извлечения запасов из недр, а также возможности переоценки запасов.

Вопросы промышленной и экологической безопасности (ответственность проектной организации):

Чаще всего освящаются в проектах формально, поверхностно, «для галочки», что является, несомненно, нарушением.

Необходимо подчеркнуть, что все рассматриваемые элементы проектной документации находятся в тесной взаимосвязи, определяют и дополняют друг друга, формируют область принятия горнотехнических, технико-технологических и организационно-экономических решений, описывающих эффективность горнопромышленного проекта.

Упомянув, справедливости ради, широкие споры о возможных подходах оценки эффективности освоения георесурсного потенциала месторождений, подсчета запасов и стоимостной оценки, важно признать, что определение и обоснование инженерных и организационно-технических решений требует ответственного и профессионального подхода.

Учитывая особенности российского нормативно-правового поля, разночтения и множественность подходов при проектировании и оценке экономической эффективности освоения георесурсного потенциала отрицательно влияют не только на инвестиционную привлекательность отрасли, ее инновационное развитие, но и негативно сказывается на инвестиционном фоне реального сектора экономики.

В качестве примера можно привести ситуацию, при которой, например, при подготовке и введении в эксплуатацию месторождения (горнопромышленного предприятия), составляется целый ряд проектных документов не только для разной целевой аудитории (различные государ-

1. Является основанием для отказа в согласовании.



ственные органы, инвестиционные структуры, непосредственно горное производство), но и с различными инженерно-техническими решениями и их эффективностью.

Таким образом, на наш взгляд, одними из ключевых вопросов, остро стоящих перед недропользованием, в настоящее время являются:

- унификация требований и формирование единообразия при подготовке и обоснования технических решений, описания проекта освоения месторождения, принимаемых всеми участниками отношений в сфере недропользования без исключения²;

- определение единых требований к оценке эффективности проектных решений;

- формирование системы непрерывного мониторинга за исполнением технических ре-

шений и своевременной их корректировки с использованием согласованной системы поддержки проектирования с участием профессиональных структур и государственных органов;

- вместе с тем, в целях повышения качества технических проектов и мотивирования инженеринговых компаний, возможно использование рейтинговой системы оценки деятельности таких компаний, что наряду с конкурсной системой на выполнение проектов, действующей во многих горнодобывающих компаниях, может существенно стимулировать рост качества проектной документации;

- более тесное взаимодействие Роснедр, ЦКР-ТПИ, недропользователей, проектировщиков посредством регулярного проведения обучающих семинаров, круглых столов, конференций. XXI

2. Решению этого вопроса должно способствовать скорейшее принятие рациональных единых «Правил проектирования разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

Литература

1. Федеральный закон «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» от 25.02.1999 N 39-ФЗ
2. Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 N 2395-1
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2018 г. № 2914-р об утверждении «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года.
4. «Правила охраны недр», Утверждены Постановлением Госгортехнадзора РФ от 06.06.2003 №71
5. Методическими рекомендациями по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.
6. А.М. Кочергин, Д.Б. Бурдин. Определение нормативов потерь на основании технико-экономических показателей – неправомерная практика актуализации балансовых запасов. Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 5 май 2009. стр.15.
7. Д.Б. Бурдин, Ш.Г. Гиравов. Предпосылки и варианты реформы системы государственного регулирования недропользования Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 6 декабрь 2013. стр.12.
8. Д.Б. Бурдин. Концептуальные подходы к классификации запасов и ресурсов ТПИ. Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 3-4 сентябрь 2021. стр.4.
9. Д.Б. Бурдин. Кодекс НАЭН в системе оценки инвестиционной привлекательности объектов недропользования (Российская система компетенций при оценке российской ресурсной базы). Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 1-2 июнь 2021. стр.52.
10. А.А. Ашихмин, Д.Б. Бурдин. Организационно-экономический и технологический аспекты повышения инвестиционной привлекательности проектов освоения маломасштабных золоторудных месторождений. Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 5 май 2012. стр.8.
11. Никаноров В.И., Панфилов Е.И., Агошков М.И., Михаил Иванович Технико-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр / Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР М.И. Агошкова. – Москва: Недра, 1974. - 312 с.

UDC 338.984 BBC 33.12

D.B. Burdin, Chief Geologist, FBO State Reserves Commission; Deputy Chairman, Central Development Committee for Solid Commercial Minerals, burdin@naen.ru

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF CHANGES IN THE QUALITY OF TECHNICAL PROJECTS IN THE RUSSIAN FEDERATION APPROVED BY THE COMMISSION OF THE FEDERAL AGENCY FOR MINERAL RESOURCES

Abstract: The article considers the quality of technical projects developed by subsoil users for the development of solid mineral deposits. A retrospective analysis of the composition of the project documentation and the reasons for the refusal of approval by the Federal Agency for Mineral Resources. As a result of the analysis, the main groups of comments on technical projects were formulated, as well as the key role of technical projects in the regulatory system of the industry and in ensuring investment attractiveness was determined.

Keywords: reserves, classification of reserves, state expertise, investments, valuation, geo-resource potential, extraction from the subsoil, rational use of the subsoil, expertise, subsurface use, minerals, projects, technical solutions, engineering, profitable reserves.



Твердов А.А.

технический директор IMC Montan,
канд. техн. наук, эксперт ОЭРН,
эксперт ГКЗ
andrey.tverdov@imcgroup.ru

ПОСЛЕДСТВИЯ САНКЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ ЗАПАДНОГО СООБЩЕСТВА НА ОБЛАСТЬ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В авторском обзоре рассматриваются вопросы влияния санкционной политики «запада» на развитие горной отрасли твердых полезных ископаемых. Отмечается, что эффект санкций на освоение месторождения твердых полезных ископаемых в настоящее время выглядит явно ниже ожидаемого эффекта, как со стороны отечественного недропользователя, так и инициаторов санкций.

Ключевые слова: последствия санкций, твердые полезные ископаемые, горная отрасль, Закон о недрах, прямые западные инвестиции.

В последнее время в горной отрасли повышенное внимание уделяется новым санкциям, накладываемым на Россию, в аспекте их влияния на отрасль и новые проекты.

Следует отметить, что в настоящий момент времени, количество санкций, наложенных на Россию, уже носит беспрецедентный характер. Наиболее болезненные санкции были введены в первый период 2022 г и относились к экономике страны целом, именно они наложили наибольшее влияние в т.ч. опосредованное и на горную отрасль. Несмотря на то, что экономика страны в целом и горная отрасль до сих пор на редкость успешно преодолевают их последствия, все же нельзя не отметить объективные сложности, с которыми столкнулась горная отрасль. Среди наиболее проблемных факторов

санкционного влияния на горную отрасль твердых полезных ископаемых (ТПИ) можно указать (перечисление с точки зрения снижения значимости на отрасль – по экспертному мнению автора):

- Дисконты к ценам на ряд сырьевых продуктов ввиду снижения емкости рынков сбыта;
- Перераспределение логистических поставок сырья в сторону азиатского направления поставок (уголь, ЖРС и т.д.), что в свою очередь создало сложности с реализацией плановых объемов по фактору ограниченной пропускной способности РЖД и ограниченных портовых мощностей. По некоторым видам сырья данный фактор привел к росту издержек на транспортировку товарной продукции до потребителя и как следствие снижению рентабельности;

- Ограничения поставок обогатительного и металлургического оборудования, в особенности существенные сложности с высокотехнологическим оборудованием нестандартного типоразмера с ограниченным кругом производителей;

- Ограничения финансирования российско-банковского сектора на западном рынке капиталов, что в свою очередь оказало влияние на рост стоимости кредитов (в особенности в валютной составляющей) на территории России;

- Проблемы с соответствием реализуемого золота – стандартам Good Delivery («Правила Good Delivery для золотых и серебряных слитков»), с необходимостью дисконта к реализуемой товарной продукции и усложнением процедуры сбыта;

- Проблемы поставок некоторых типоразмеров горного оборудования, в т.ч.: большегрузных карьерных автосамосвалов, гидравлических экскаваторов, проходческого и очистного оборудования западного производства;

- Ограничение на импорт западными странами драгоценных камней, добытых в России;

- Ограничение рынка сервисных и консалтинговых услуги;

- Ограничение на кредитование западными банками и прямые инвестиции в горную отрасль со стороны западных структур.

Важно отметить, что в некоторых случаях санкции являются проявлением условной «солидарности» западного бизнес-сообщества общему тренду, напрямую не истекающему из правовых регуляторов. При этом, на уровне личного общения с некоторыми производителями западного горного и обогатительного оборудования отмечается личностное несогласие с санкционной политикой и выражается готовность скорейшего возврата на рынок России.

Как уже отмечалось санкции не привели к катаклизму в горной отрасли ТПИ более того, достаточно быстро наметились направления минимизации их влияния, включая следующие шаги:

- Переориентация на обогатительное и металлургическое оборудование – несакционных стран (Китай, ЮАР, Турция и др.);

- Переориентация на обогатительное оборудование – относительно малоизвестных производителей в т.ч. локализованных в странах «Западного» геополитического пространства, но мотивированных к расширению рынков сбыта учитывая новые возможности, при менее значимых репутационных рисках для «бренда»;

- Параллельный импорт горного и обогатительного оборудования через третьи страны;

- Переориентация на отечественного производителя оборудования, расширение отечественными производителями продуктовой линейки;

- Смена «юрисдикций» (страны происхождения) для экспортных потоков сырья из России;

- Интенсификация развития услуг российскими горно-консалтинговыми компаниями и компаниями финансового сопровождения горных проектов.

Последние европейские инициативы по санкциям носят скорее рефлекторный характер, не принося существенных изменений для жизнедеятельности горных производств. Так, 16 декабря Евросоюз утвердил девятый пакет санкций – запрещающий новые инвестиции (включая кредиты) в российскую горнодобывающую отрасль. Следует отметить, что тем же санкционным пакетом из запретов исключены «критические виды сырья включая железную руду, титан, минеральные удобрения, молибден, медь, алюминий, редкие и редкоземельные металлы, никель и палладий. По сути круг исключений очень широкий и охватывает многие текущие и перспективные Гринфилд проекты России. Более того, прямые западные инвестиции в структуре финансирования новых горнодобывающих проектов последние годы не играли сколь ни будь критичной роли. Основные инвестиции в крупные горнодобывающие проекты финансировались за счет внутренних российских инвестиций (правда необходимо оговориться – без учета возможной аффилированной связи с компаниями, имеющими юрисдикции в странах западного геополитического пространства) и кредитов российских банков (российских банковских синдикатов). Поэтому данный санкционный пакет не должен дополнительно существенно осложнить финансирование новых проектов недропользования.

Аналогичным образом представляется мало значимым влияние на развитие новых проектов освоения месторождений твердых полезных ископаемых, ограничений накладываемых Федеральным законом от 28.06.2022 N 218-ФЗ – «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах», согласно которым пользователями недр могут быть только «...юридические лица, созданные в соответствии с законодательством РФ, индивидуальные предприниматели, являющиеся гражданами РФ, если иное не установлено федеральными законами». Причины аналогичные – в области ТПИ, прецеденты работы западных юридических лиц с оформлением лицензии не на российское юридическое лицо, крайне ограничены. Более существенно влияние данного закона на месторождения углеводородов, которые, по-видимому, и были причиной подготовки вышеуказанных поправок. XXI

**Tverdov A.A.**

Technical Director of IMC Montan, PhD,
GKZ expert, OERN expert
andrey.tverdov@imcgroup.ru

WESTERN SANCTIONS POLICY'S IMPACT ON SOLID MINERALS SECTOR

The author's review examines the impact of the «western» sanctions policy on solid minerals industry development. It is noted that the effect of sanctions on the development of solid minerals currently looks clearly below the expected effect, both on the part of the domestic subsoil user, and the initiators of sanctions.

Key words: Impact, solid minerals, mining sector, Law of the Russian Federation On Subsoil Resources, direct western investments.

The mining industry has been recently paying greater attention to new sanctions against Russia with regard to their impact on the industry and new projects.

It should be noted that by now the number of sanctions against Russia has become unprecedented. The most painful sanctions were imposed at the beginning of 2022 and were targeted at the entire country's economy. Those produced the greatest impact, including an indirect impact on the mining industry. Although the country's economy and, in particular, the mining industry has been surprisingly overcoming the sanctions' consequences successfully, there are still obvious challenges that the mining industry is facing. The most problematic factors of the sanctions' impact on the solid mineral mining industry include the following (listed below in view of the decreasing impact on the industry, as believed by experts):

- Discounts on prices for commodities due to decreasing sales market capacities.

- Reorientation of raw material shipments to Asia (coal, iron ore, etc.), which brings about difficulties in achievement of sales targets because of the limited throughput capacity of the Russian Railways and port facilities. With regard to some commodities, this factor has caused growth of expenditures for delivery of saleable products to consumers and, hence, has affected profitability.

- Restricted supply of processing and metallurgical equipment, in particular, considerable problems with supply of custom-made high technology equipment, produced by a small number of manufacturers.

- Restricted access of Russian banks to the Western capital market, which has brought about growth of credit costs in Russia (especially in foreign currency).

- Problems with compliance of saleable gold with the Good Delivery standards (Good Delivery Rules for gold and silver bars), making it necessary to set discounts on product prices and complicating the sales procedures.

- Problems with delivery of certain types of mining equipment, including heavy duty dump trucks, hydraulic excavators, development and production equipment manufactured in the West.

- Restrictions on import of Russian gems to Western countries.

- Restrictions on services provisions and consulting.

- Restrictions on loans from Western banks and direct investments of Western companies in the mining industry.

It is critical to note that in some cases sanctions are manifestation of western business-society solidarity with the general trend and are not introduced by laws. At the same time, personal communications with some Western manufacturers of mining and processing equipment indicate to personal disagreement with the sanctions policy and to their willingness to return to the Russian market.

As it has been noted above, sanctions failed to cause a disaster in the solid mineral mining industry. On the contrary, the industry quickly identified actions to mitigate the sanctions' impact, including the following:

- Reorientation to processing and metallurgical equipment from countries which haven't sanctioned Russia (China, South Africa, Turkey, etc.);

- Reorientation to processing equipment of relatively lesser known manufacturers, including those located in the Western geopolitical region but motivated to expand sales markets in view of new opportunities and suffering less from the reputational risks;

- Parallel import of mining and processing equipment from third countries;

- Reorientation to Russian equipment and expansion of the product range by Russian manufacturers;

- Re-domiciliation (country of origin) of raw materials export flows from Russia; and

- Intensive development of the national consulting in the mineral sector and financial monitoring of mining projects.

The latest sanction initiatives are rather a reflex reaction and don't change activities of mining operations considerably. On 16 December the European Union approved the ninth package of sanctions to ban new investments (including loans) in the Russian mining industry. It should be noted that the same sanction package lifted the ban on critical commodities, including iron ore, titanium, mineral fertiliser, molybdenum, copper, aluminium, rare metals, rare earth metals, nickel and palladium. The range of exclusions is very wide and applies to many ongoing and prospective greenfield projects in Russia. Besides, direct Western investments didn't play a critical role in funding structures of new mining projects in recent years. Most of investments in large mining projects included those made by domestic companies (however, it should be noted that it doesn't take account of possible affiliation with Western jurisdiction companies) and loans of Russian banks (bank syndicates). Hence, this additional sanction package doesn't complicate funding of new mining projects much.

Similarly, the restrictions imposed by Federal Law of 28 June 2022 No. 218-FZ On Amendments to the Law of the Russian Federation On Subsoil Resources don't produce a great impact on development of new solid mineral deposit development projects. According to this law, subsoil resources users may include only legal entities established in compliance with the laws of the Russian Federation and individual entrepreneurs who are citizens of the Russian Federation, unless otherwise specified in the federal laws. The reasons are the same: there are very few precedents of Western companies having licences issued to Russian legal entities in the solid mineral mining sector. The law produces a more considerable impact on hydrocarbon deposits, which the amendments to the law were probably targeted at. ^{xxi}



*Поздравляем
С Новым Годом!*



*Пусть наступающий год
принесет радость и удачу,
откроет новые возможности,
придаст сил и уверенности!
Желаем Вам и Вашим близким
крепкого здоровья!*

*С наилучшими пожеланиями,
Команда ООО «Майнинг Технолоджи»*



ИРГИРЕДМЕТ
IRGIREDMET

основан в 1871



Уважаемые коллеги!

От всей души поздравляем вас с наступающим новым, 2023 годом!

Новый год приносит в каждый дом особенное настроение — тёплое и радостное, дарит нам ощущение волшебства и надежду на лучшее.

2022 год был значимым для золотодобывающей отрасли и насыщенным различными мероприятиями, которые останутся яркими впечатлениями уходящего года. Это был год нашей совместной и плодотворной работы.

Он был наполнен важными событиями и каждому из нас запомнится чем-то особенным.

В канун Нового года принято строить планы.

Пусть новый год принесёт нам новые открытия, свершения и покорения новых вершин.

Сердечно поздравляем вас с наступающим Новым годом, желаем всем крепкого здоровья, семейного благополучия, творческих успехов во всех начинаниях.

Коллектив АО «Иргиредмет»



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

ПРИКАЗ

г. МОСКВА

11.11.2022.

№ 629

О внесении изменений в Состав Центральной комиссии Федерального агентства по недропользованию по разработке месторождений твердых полезных ископаемых

В соответствии с частью четвертой статьи 23.2 Закона Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395-1 «О недрах» (Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации, 1992, № 16, ст. 834; Собрание законодательства Российской Федерации, 2021, № 18, ст. 3067), пунктом 4 Правил подготовки, согласования и утверждения технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых, технических проектов строительства и эксплуатации подземных сооружений, технических проектов ликвидации и консервации горных выработок, буровых скважин и иных сооружений, связанных с использованием недрами, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021 г. № 2127 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2021, № 49, ст. 8313), пунктом 6.3 Положения о Федеральном агентстве по недропользованию, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 293 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 26, ст. 2669), приказываю:

1. Внести изменения в Состав Центральной комиссии Федерального агентства по недропользованию по разработке месторождений твердых полезных ископаемых, утвержденный приказом Федерального агентства по недропользованию от 08 августа 2022 г. № 405 согласно приложению № 1 к настоящему приказу.

2. Контроль за исполнением настоящего приказа оставляю за собой.

Руководитель

Е.И. Петров

Приложение № 1
к приказу Роснедр
от 11.11.2022 № 629

**Состав Центральной комиссии Федерального агентства по недропользованию
по разработке месторождений твердых полезных ископаемых**

№, п/п	ФИО	Должность	Секция ЦКР-ТПИ Роснедр ¹
Председатель ЦКР-ТПИ Роснедр			
1.	Гермаханов А.А.	Заместитель Руководителя Федерального агентства по недропользованию	1
Первый заместитель Председателя ЦКР-ТПИ Роснедр			
2.	Олейник Д.Н.	Советник Руководителя Федерального агентства по недропользованию	1
Заместители Председателя ЦКР-ТПИ Роснедр			
3.	Сытенков В.Н.	Заведующий отделом методических основ оценки проектной и технической документации на разработку месторождения ТПИ ФГБУ «ВИМС»	1
4.	Супрун В.И.	Руководитель лаборатории переработки камня НИТУ МИСиС, д.т.н. Председатель секции топливно-энергетических полезных ископаемых	1
5.	Куликов Д.А.	Заведующий научным отделением минерально-сырьевой базы ФГБУ «ЦНИГРИ», к.г.-м.н Председатель секции черных, цветных, редких и благородных металлов и драгоценных камней	1
6.	Бурдин Д.Б.	Главный геолог отдела ТЭО ФБУ «ГКЗ», член Президиума Медисовета Первого общественного экологического телевидения Председатель секции нерудного минерального сырья	1
7.	Бабиков В.С.	Заместитель начальника Управления геологии твердых полезных ископаемых Федерального агентства по недропользованию Председатель методологической секции	1
8.	Руднев А.В.	Начальник Управления геологии твердых полезных ископаемых Федерального агентства по недропользованию	1

№, п/п	ФИО	Должность	Секция ЦКР-ТПИ Роснедр ¹
Члены ЦКР-ТПИ Роснедр			
9.	Ануфриева С.И.	Заведующая отделом ФГБУ «ВИМС», к.т.н.	3, 4
10.	Башлыкова Т.В.	Заведующая лабораторией НИТУ МИСиС	3, 4
11.	Быховский Л.З.	Главный научный сотрудник ФГБУ «ВИМС», д.г.-м.н.	3
12.	Оксман В.С.	Заместитель начальника отдела организации надзорных мероприятий Управления горного надзора Ростехнадзора	1
13.	Горохов К.Д.	Заместитель директора по вопросам лицензирования недропользования ФГКУ «Росгеолэкспертиза»	1
14.	Иляхин С.В.	Профессор кафедры разработки месторождений МГРИ-РГГРУ, д.т.н.	3
15.	Никитин С.Г.	Заместитель начальника Управления по надзору за подземной угледобычей Ростехнадзора	2
16.	Никишин Д.Л.	Заместитель директора по правовым вопросам ФГКУ «Росгеолэкспертиза»	1
17.	Прокопович А.В.	Заместитель начальника Департамента по недропользованию по Дальневосточному федеральному округу, начальник отдела геологии и лицензирования	1
18.	Лоскутов А.С.	Начальник отдела мониторинга лицензионных соглашений Управления геологии твердых полезных ископаемых Федерального агентства по недропользованию	3, 4
19.	Рогожин А.А.	Первый заместитель генерального директора ФГБУ «ВИМС», к.ф.-м.н.	3, 4
19.	Ходорович К.К.	Начальник отдела Департамента государственной политики и регулирования в области геологии и недропользования Минприроды России	1

№, п/п	ФИО	Должность	Секция ЦКР-ТПИ Роснедр ¹
20.	Грибанов А.В.	Руководитель международных проектов кафедры ЮНЕСКО Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, доцент кафедры экономики высокотехнологичных производств Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, к.э.н.	1
21.	представитель Росприроднадзора	по согласованию	1
22.	представитель Минэнерго	по согласованию	2
Ученый секретарь ЦКР-ТПИ Роснедр, секретари ЦКР-ТПИ			
23.	Уманская Ю.В.	Ведущий специалист отдела методических основ оценки проектной и технической документации на разработку месторождений ТПИ ФГБУ «ВИМС» Ученый секретарь ЦКР-ТПИ Роснедр	1
24.	Рындальцева А.М.	Главный специалист-эксперт отдела мониторинга лицензионных соглашений Управления геологии твердых полезных ископаемых Федерального агентства по недропользованию Заместитель ученого секретаря ЦКР-ТПИ Роснедр	1

¹ Секции ЦКР-ТПИ Роснедр обозначены следующими номерами:

- 1 – Все секции;
- 2 – Секция топливно-энергетических полезных ископаемых;
- 3 – Секция черных, цветных, редких и благородных металлов и драгоценных

№, п/п	ФИО	Должность	Секция ЦКР-ТПИ Роснедр ¹
24.	Рындальцева А.М.	Главный специалист-эксперт отдела мониторинга лицензионных соглашений Управления геологии твердых полезных ископаемых Федерального агентства по недропользованию Заместитель ученого секретаря ЦКР-ТПИ Роснедр	1

¹ Секции ЦКР-ТПИ Роснедр обозначены следующими номерами:

- 1 – Все секции;
- 2 – Секция топливно-энергетических полезных ископаемых;
- 3 – Секция черных, цветных, редких и благородных металлов и драгоценных камней;
- 4 – Секция нерудного минерального сырья;
- 5 – Секция методического обеспечения



Открытие ведения независимой рейтинговой оценки аудиторских компаний в сфере недропользования

Рейтинг ТПИ

В соответствии с ст.7 ФЗ от 02.07.2021 N359-ФЗ «Требования к аудиторским процедурам, устанавливаемые саморегулируемой организацией аудиторов»; Ст.15 ФЗ от 02.07.2021 N359-ФЗ «Регулирование в сфере аудиторской деятельности»; Федерального Закона от 30.12.2008 N307-ФЗ «Об аудиторской деятельности»; – регулирование в сфере аудиторской деятельности в Российской Федерации осуществляют уполномоченный федеральный орган, Банк России и Саморегулируемая Организация Аудиторов.

Саморегулируемая организация аудиторов «Содружество» (единственная в России) рекомендовала компаниям-аудиторам для получения достоверного перечня и рейтингов компаний, специализирующихся в части геолого-экономической оценки, запрашивать выписку из реестра рейтинговой системы или обращаться в АООН «НАЭН».

АООН «НАЭН» в соответствии с положением о рейтинговой системе при оценке результатов публичной отчётности о запасах и горно-геологического аудита осуществляется ведение рейтингового реестра профильных организаций.

При использовании финансовым аудитором компании не из рейтинга, аудитор в отчёте укажет, что аудируемая компания предоставила собственные данные о запасах, в противном случае – запасы оценены независимой компанией.

ВЫПИСКА из протокола № 1 заседания комитета по рейтингам АООН «НАЭН»

г. Москва

15 ноября 2022 г.

Место проведения: Москва, Баррикадная ул. Д.8 стр.5А.

Дата проведения: 15 ноября 2022 г., 13:00

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Председатель комитета:

Третьяков А.В. – директор АООН «НАЭН».

Члены комитета:

Свинтицкий И.Л. – эксперт с правом подписи Компетентного лица НАЭН, член Комитета ТПП РФ по драгоценным металлам и драгоценным камням, исполнительный директор МОО «ОЭРН», к.э.н.;

Никишичев С.Б. – эксперт с правом подписи Компетентного лица НАЭН, директор ООО «Ай Эм Си Монтан Групп», к.э.н.;

Бурдин Д.Б. – эксперт с правом подписи Компетентного лица НАЭН, член Комитета ТПП РФ по драгоценным металлам и драгоценным камням, заместитель председателя центральной комиссии по разработке месторождений твердых полезных ископаемых Федерального агентства по недропользованию, к.э.н.;

Мельников А.В. – эксперт с правом подписи Компетентного лица Австралийского института горного дела и металлургии (AusIMM), технический директор «Русский титан».

Секретарь заседания:

Решмакова Н.А. – сотрудник АООН «НАЭН»

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1. Рассмотрение полученных заявлений от организаций о включении в рейтинговую систему НАЭН и принятие решения о присвоении предварительного рейтинга или об отказе включения организации в рейтинговую систему.

РЕШИЛИ:

1. Включить в рейтинговую систему НАЭН следующие организации:

- 1.1. ООО «Ай Эм Си Монтан Групп»
- 1.2. ООО «РГ Консалтинг»
- 1.3. ООО «Майнинг Тех»
- 1.4. ООО «Евразийская горно-геологическая группа»
- 1.5. ООО «Сибгеоконсалтинг»



Дадыкин В.С.
д.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», профессор кафедры «Цифровая экономика»
dadykin88@bk.ru



Дадыкина О.В.
к.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», доцент кафедры «Цифровая экономика»
atamanova_281287@mail.ru



Язвенко Н.А.
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», ассистент кафедры «Цифровая экономика»
nikolayyazvenko@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Жизненный цикл производственного процесса геологической продукции состоит из ряда этапов, имеющие разную временную продолжительность и свою специфику. Специфика геологической отрасли в данном случае состоит в том, что геологические организации, как правило, не являются субъектами предпринимательской деятельности, выполняющими геологоразведочные работы, принимая на себя все риски. Завершающим этапом в составе геологоразведочного процесса является сдача полученной геологической продукции в соответствующие фонды геологической информации, что предполагает дальнейшее использование геологической продукции в последующих работах. Следует учитывать значительный объем геологических данных, которые были накоплены за прошедшее время в части приращения геологической и других видов изученности. Для того, чтобы было возможным рассматривать ресурсы недр как минерально-сырьевые активы необходимо на регулярной основе обладать информацией об уровне геологической изученности, а также создать информационную систему и реализовать в ней возможности поиска рентабельных объектов по имеющимся данным. Целью данной работы является исследование методических аспектов планирования производственного цикла геологической продукции на основе онтологического моделирования, определение основных этапов (классов) стадии планирования геологоразведочного процесса в части воспроизводства минерально-сырьевых активов.

Ключевые слова: воспроизводство, минерально-сырьевые активы, геологическая продукция, онтологическая модель.

Рост объемов геологической изученности в действующих информационных системах приводит к необходимости построения базы знаний, содержащей набор базовых сущностей, позволяющих стыковать родственные понятия для обеспечения поддержки принятия управленческих решений по вопросам недропользования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Данная проблематика актуальна как для лиц, принимающих решения по вопросам недропользования в профильных департаментах регионального и федерального уровня, так и для предприятий – недропользователей.

К имеющимся данным по изученности добавился в настоящее время значительный объем геолого-экономической информации, содержащей количественные и качественные параметры объектов, содержащих минерально-сырьевые активы.

Первым этапом в рамках онтологической модели воспроизводства минерально-сырьевых активов является расчет обеспеченности горнодобывающих предприятий (рис. 1).

Необходимо понимать, какие виды сырья нуждаются в пополнении, прежде всего по стратегическим видам. Для расчета обеспеченности необходимо, согласно методике, заложенной в онтологическую модель, рассчитать значения параметров:

- количество месторождений;
- балансовые запасы категории A+B+C1;
- балансовые запасы категории C2;
- забалансовые запасы.

Если принимать во внимание специфику воспроизводственного процесса минерально-сырьевой базы, следует отметить, что необходимость в постановке и проведении геологоразведочных работ напрямую зависит от наличия потребности у предприятий в рамках ежегодных программ геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Потребность определяется стратегическими документами, включая программы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевых активов [1].

С целью выполнения расчетов в рамках вышерассмотренных этапов воспроизводственного цикла минерально-сырьевых активов нами предлагается ввести в онтологическую модель показатели (рис. 2).

Взаимодействие классов и показателей определяется набором свойств, которые вводятся в онтологическую модель в качестве связующего звена (рис. 3).

В данной работе онтологический подход предполагает создание базы знаний, сформированной на базе понятия триады. В результате каждый их экземпляров в одной из структур онтологии, который представлен классом, связывается с экземплярами других структур через набор свойств, рассмотренных выше. Пример полученной структуры показан на рисунке 4.

Введение в модель онтографа дополнительных классов приводит к появлению новых типов связей, например, между двумя классами: Объемы поисковых и геологоразведочных работ и «Затраты по стадиям геологоразведочных работ» (рис. 5).

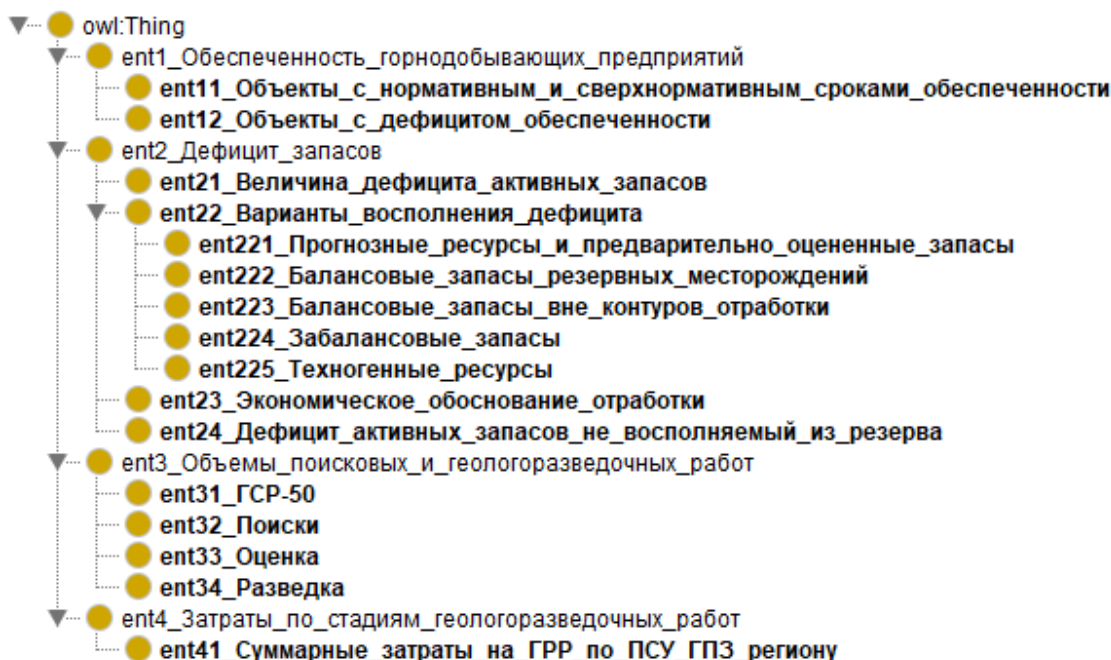


Рис. 1. Маркетинговая стадия жизненного цикла геологической продукции

- ◆ ind111_Количество_месторождений
- ◆ ind112_Балансовые_запасы_кат._A+B+C1
- ◆ ind113_Балансовые_запасы_кат._C2
- ◆ ind114_Забалансовые_запасы
- ◆ ind11_Стратегические_виды_сырья
- ◆ ind121_Количество_месторождений
- ◆ ind122_Балансовые_запасы_категорий_A+B+C1
- ◆ ind123_Балансовые_запасы_категории_C2
- ◆ ind124_Забалансовые_запасы
- ◆ ind12_Остродефицитные_виды_сырья
- ◆ ind131_Количество_месторождений
- ◆ ind132_Балансовые_запасы_категорий_C2
- ◆ ind132_Балансовые_запасы_категорий_A+B+C1
- ◆ ind134_Забалансовые_запасы
- ◆ ind13_Прочие_виды_полезных_ископаемых
- ◆ ind14_Количество_месторождений_с_активными_запасами_–_распределенный_фонд_недр
- ◆ ind151_Минимальное_промышленное_содержание_полезного_компонента
- ◆ ind152_Полные_эксплуатационные_затраты_на_добычу_и_обогащение_1_т_руды_с_учетом_налогов_вх
- ◆ ind153_Налоги_и_платежи_не_входящие_в_структуру_эксплуатационных_затрат
- ◆ ind154_Цена_1т_полезного_компонента_в_концентрате_без_НДС
- ◆ ind155_Кэффициент_извлечения_при_обогащении
- ◆ ind156_Показатель_разубоживания_при_добыче
- ◆ ind157_Показатель_потерь_при_добыче
- ◆ ind15_Количество_активных_запасов_руды_категорий_A+B+C1_(распределенный_фонд_недр)
- ◆ ind161_Количество_месторождений
- ◆ ind162_Балансовые_запасы_категорий_A+B+C1
- ◆ ind163_Балансовые_запасы_категории_C2
- ◆ ind16_Распределенный_фонд_недр
- ◆ ind21_Дефицит_обеспеченности_разведанными_запасами
- ◆ ind221_Среднегодовой_объем_добычи_предусмотренный_проектом_отработки_месторождения
- ◆ ind222_Среднегодовой_объем_погашения_предусмотренный_проектом_отработки_месторождения
- ◆ ind22_Обеспеченность_активными_запасами_(проектный_уровень_погашения)
- ◆ ind23_Обеспеченность_нормативная
- ◆ ind24_Прирост_разведанных_запасов_кат._A+B+C1_необходимый_для_восполнения_дефицита_запасов
- ◆ ind25_Дефицит_активных_запасов
- ◆ ind26_Время_реализации_минерально-сырьевого_объекта

Рис. 2. Показатели в составе онтологической модели

В онтологии также содержатся результаты оценки состояния каждого из параметров – показателей k_i , где i – код показателя, т.е. коэффициентов перехода к запасам промышленных категорий A+B+C1 в результате «отхода» минерально-сырьевых объектов на поисках и оценке и «отхода» отдельных рудных тел на стадии разведки. Расчетным путем определены значения коэффициентов по онтологии для различных стадий геологоразведочных работ (**таблица 1**).

Для автоматизации расчета данных показателей по горнопромышленным зонам (ГПЗ), промышленно-сырьевым узлам (ПСУ), промышленно-сырьевым объектам (ПСО) в рамках онтологии разработана **таблица 2**.

По тематике формирования онтологических моделей, применительно к узкоспециализированным предметным областям, смежным по

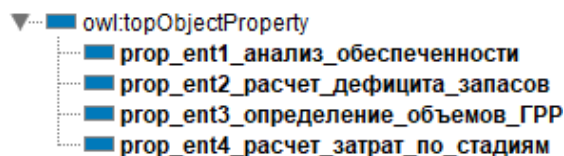


Рис. 3. Свойства в составе онтологической модели

отношению к объекту исследования, следует отметить следующие работы, используемые в процессе анализа [2-3].

Так, в работе [2] предлагается сформировать GeoCore Ontology, как монолитную онтологию для геологической базы знаний. Проблема семантической совместимости связана со сложностью интеграции ресурсов, разработанных с использованием разных словарей и разных точек зрения на организацию данных в структуре онтологии. В [3] авторы утверждают, что данные и информацию агрегируют в контексте конкретных приложений, что затрудняет их повторное использование в

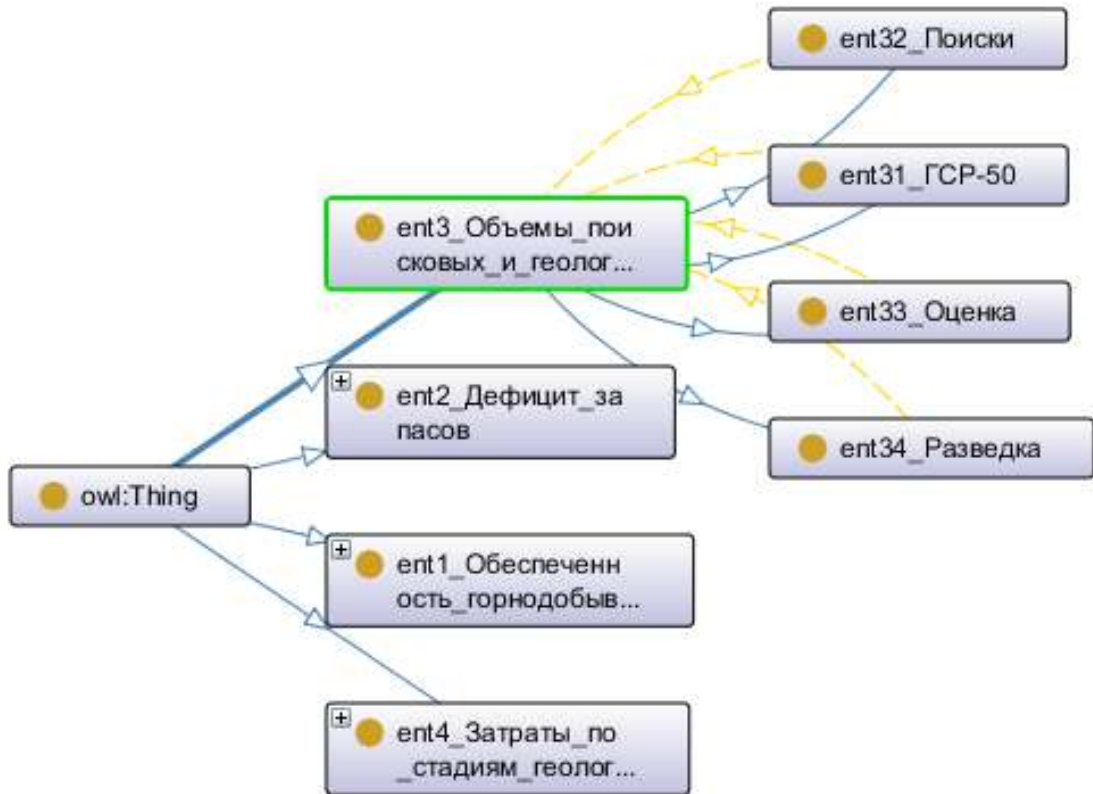


Рис. 4. Модель онтографа данных по воспроизводству минерально-сырьевых активов по классу «Объемы поисковых и геологоразведочных работ»

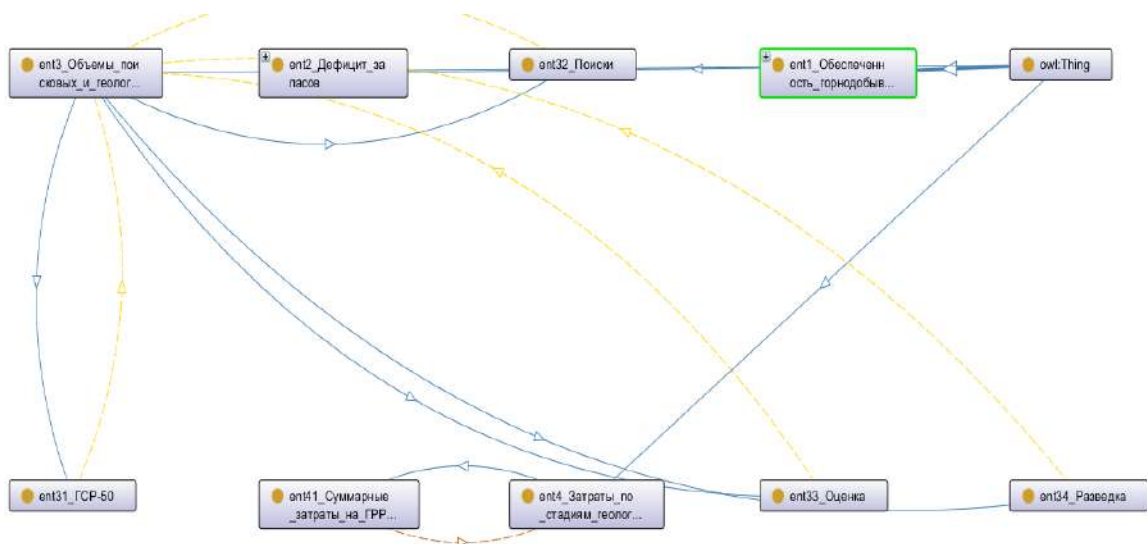


Рис. 5. Модель онтографа по связям классов «Объемы поисковых и геологоразведочных работ» и «ent4_Затраты_по_стадиям_геологоразведочных_работ»

Таблица 1
Коэффициенты перехода к запасам промышленных категорий

Коэффициент	Диапазон значений, согласно расчетам в онтологической модели	Стадия геологоразведочных работ
k_1	0,03-0,2	ГСР-50
k_2	0,36-0,5	Поиски
k_3	0,7-0,8	Оценки
k_4	0,9-0,95	Разведка

Таблица 2
Параметры восстановления дефицита минерально-сырьевых активов посредством воспроизводственных процессов

Федеральный округ, субъект РФ, ГПЗ, ПСУ, ПСО (участок недр)	Дефицит разведанных (активных) запасов кат. А+В+С ₁	Прогнозируемый конечный результат ГРП – прирост разведанных (активных) запасов кат. А+В+С ₁ в результате реализации прогнозных ресурсов при проведении ГРП стадий:				Итог (- дефицит; + профицит; 0 - компенсация)	Экспертная оценка надежности получения результата (высокая, средняя, низкая)
		разведки $(C_2+P_1) \times k_4$	оценки $(P_1+P_2) \times k_3$	поисков $(P_2+P_3) \times k_2$	ГС-50 $P_3 \times k_1$		
1	2	3	4	5	6	7	8

новых предметных областях. Кроме того, различные наборы данных не суммируются, и, таким образом, теряются возможные преимущества интеграции данных. В этом контексте семантически совместимые системы должны быть способны обмениваться данными там, где точное значение данных легко доступно, и любая система может перевести сами данные в понятную ей форму. В геологической области задача интеграции данных и обеспечения совместимости систем ранее рассматривалась. Интеграция на уровне онтологической модели имеет важнейшее значение для предоставления необходимой информации для поддержки принятия управленческих решений.

В работе [3] отмечаются следующие наиболее комплексные предпосылки внедрения онтологических моделей в предметную область:

- 1) значительные объемы данных;
- 2) хранение информации в гетерогенных базах данных;
- 3) несовместимость форматов данных в различных информационных ресурсах.

В то же время проблема интероперабельности в геологии по-прежнему, не теряет своей актуальности [4,5]. Напротив, цифровая трансформация на местах, то есть замена нецифровой или ручной деятельности цифровыми бизнес-процессами, только усилила масштабы проблемы [3]. Геологическая информация оцифро-

вуется, но простой перевод ее в электронный вид не позволяет полноценно задействовать оцифрованные данные в процессе принятия управленческих решений без соответствующих семантических моделей.

Таким образом, ключевые особенности рассмотренных в данной работе методических аспектов состоят в следующем:

1. в узкой специализации, рассматривается процесс формирования онтологии применительно к региональной специфике планирования и прогнозирования результатов геологоразведочных работ, направленных на геологическое изучение недр и воспроизводство минерально-сырьевых активов с возможностью масштабирования полученных результатов;

2. в комплексности предлагаемых проектных решений: от онтологической модели к созданию геоинформационной аналитической системы планирования и прогнозирования геологоразведочных работ на основе интеграции информационных ресурсов посредством онтологического инжиниринга;

3. предложенная система оценки показателей позволяет определить в количественном выражении прогнозируемый результат геологоразведочных работ с учетом вероятности определения запасов промышленных категорий. ^{XXI}

Литература

1. Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.03.2021 № 515) режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_programmy/gosudarstvennaya_programma_rossiyskoy_federatsii_vosproizvodstvo_i_ispolzovanie_prirodnokh_resursov2/, дата обращения: 10.10.2022 г.
2. GARCIA, L. F. et al. A conceptual framework for rock data integration in reservoir models based on ontologies. *International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research (IJMSTR)*, IGI Global, v. 5, n. 1, p. 71–82, 2017.
3. ABEL, M. et al. Ontologies and data models: essential properties and data modeling for petroleum exploration. *Foundations, the Journal of the Professional Petroleum Data Management Association - Volume 3, Issue 1*, 2016.
4. Kuznetsova, E. Analysis of an Industrial and Raw Material Facility as a Socio-Economic System / E. Kuznetsova, V. Dadykin // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. – Vladivostok, 2020. – P. 9271435. – DOI 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271435. – EDN YUYRUS.
5. Дадыкин, В. С. Анализ и оценка обеспеченности предприятий железной рудой на основе геоэкономического мониторинга / В. С. Дадыкин // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2017. – № 11(157). – С. 35-39. – EDN YTFEHM.
6. Дадыкин, В. С. Формирование механизма взаимодействия в системе управления фондом недр общераспространенных полезных ископаемых / В. С. Дадыкин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2017. – № 4. – С. 86-91. – DOI 10.24143/2073-5537-2017-4-86-91. – EDN ZXFFLF.
7. Дадыкин, В. С. Снижение воспроизводства минерально-сырьевой базы как угроза экономической безопасности / В. С. Дадыкин, О. В. Дадыкина // Социально-экономические и гуманитарные исследования: проблемы, тенденции и перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, Брянск, 27–28 апреля 2016 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2016. – С. 24-27. – EDN XDITIN.

UDC 332.14:004.9

V.S. Dadykin, Doctor of Economics, Associate Professor, Bryansk State Technical University, Professor of the Department of Digital Economy, dadykin88@bk.ru

O.V. Dadykina, Candidate of Economics, Associate Professor, Bryansk State Technical University, Associate Professor of the Department of Digital Economy, atamanova_281287@mail.ru

N.F. Yazvenko, Bryansk State Technical University, Assistant of the Department of «Digital Economy», nikolayyazvenko@mail.ru

METHODOLOGICAL ASPECTS OF PLANNING THE REPRODUCTION CYCLE OF GEOLOGICAL PRODUCTS BASED ON ONTOLOGICAL MODELING

Abstract: The life cycle of the reproduction process of geological products consists of a number of stages that have different time duration and their own specifics. The specifics of the geological industry in this case is that geological organizations, as a rule, are not business entities performing geological exploration, taking on all the risks. The final stage in the geological exploration process is the delivery of the received geological products to the appropriate funds of geological information, which implies the further use of geological products in subsequent work. It is necessary to take into account the significant amount of geological data that has been accumulated over the past time in terms of the increment of geological and other types of study. In order to be able to consider subsurface resources as mineral resources, it is necessary to have information on the level of geological knowledge on a regular basis, as well as to create an information system and implement in it the possibilities of searching for profitable objects based on available data. The purpose of this work is to study the methodological aspects of planning the reproduction cycle of geological products based on ontological modeling, to determine the main stages (classes) of the planning stage of the exploration process in terms of reproduction of mineral resources.

Keywords: reproduction, mineral resources, geological production, ontological model.



Логонов А.А.
Ведущий научный сотрудник
ООО «НТПЦ «СЕНОМАН», кандидат
геолого-минералогических наук
Login1951@mail.ru

БЕЛОКУРИХИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ РАДОНОСОДЕРЖАЩИХ КРЕМНИСТЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

На основе результатов изучения Белокурихинского месторождения охарактеризованы его геологическое строение и гидрогеологические условия, а также изложены нетрадиционные взгляды на возможные причины терапевтического эффекта использования минеральных вод этого месторождения.

Ключевые слова: минеральные воды, радоновые воды, азотно-кремнистые термы, Белокурихинское месторождение, его геологическое строение и гидрогеологические условия, физико-химические параметры Белокурихинских минеральных вод и условия их формирования, запасы этих вод, гормезис, бальнеоэффект, структурная память воды, биоинформация.

О курорте Белокурихе и его целебных водах написано много научной и популярной литературы. Естественно, что для широкого круга читателей наиболее приемлема последняя, т.к. в ней авторы, не претендуют на научную обоснованность излагаемого материала и, как правило, избегают специфических терминов зачастую понятных только специалистам. Общедоступность информации обеспечивает основную функцию таких изданий – популяризацию курорта. Вместе с тем имеются публикации, в которых наряду с информацией справочного характера, касающейся истории курорта, его природно-климатической обстановки, используемых лечебных ресурсах и т.д., значительное внимание уделяется научным аспектам курортологии, что не только популяризирует курорт, но и способствует развитию такого раздела медицинской науки как бальнеология и наиболее эффективных методов ее использования.

Блестящим примером такого научно-популярного издания могут служить книги академика Российской академии медицинских наук Влаиля Петровича Казначеева с соавторами, в которых помимо сведений общего характера рассматриваются фундаментальные проблемы курортологии и предприняты попытки нетрадиционного объяснения причин позитивного терапевтического эффекта применения на курорте Белокурихинских терм [1, 2]. При этом авторы на основе научных изысканий и своих представлений выдвинули оригинальные гипотезы, объясняющие многие до сих пор не разгаданные факты, не укладывающиеся в «прокрустово ложе» существующих научных концепций. Весьма привлекательной представляется гипотеза о биоинформативности Белокурихинских терм, которые по мнению авторов указанных работ способны передавать информацию живой клетке о предыдущих состояниях молекул воды, постоянно изменяющейся в зависимости от изменчивости условий среды. Эта гипотеза хорошо согласуется с существующими в гидрогеологии представлениями о накоплении и передаче водой физико-химической информации через изменение структуры воды в системе вода – порода. Такая согласованность вряд ли является случайной и поэтому может служить аргументом в пользу реалистичности, предлагаемой авторами гипотезы.

Вместе с тем, несмотря на очевидные достоинства работ В.П. Казначеева с соавторами, нельзя не отметить, что в них, как кстати, и в большинстве других популярных и научно-популярных изданий, посвященных курорту Белокурихе, недостаточно места отведено основополагающему вопросу – физико-химической характеристике самой минеральной воды и условиям ее формирования. Основное внимание уделяется

одному из биологически активных ее компонентов – радону, а между тем Белокурихинские термы далеко не монокомпонентны по общепринятым критериям оценки минеральных вод. Не точны или даже ошибочны сведения о ресурсах термальных вод Белокурихи, гидрогеологических условиях их формирования, физико-химических параметрах воды, геолого-структурном строении месторождения. Представляется в этой связи, что будет полезным изложить в соответствии с современными знаниями характеристику физико-химических параметров Белокурихинских минеральных вод и геолого-гидрогеологических особенностей Белокурихинского месторождения.

Вообще о воде, и тем более минеральной, можно говорить бесконечно, поскольку вода – одно из самых удивительных природных образований на Земле. Собственно, зарождение и существование самой жизни, как известно, связано с водой.

Уникальность ее свойств поражает воображение. Об этом наиболее полно изложено в работах сибирского гидрогеолога, доктора геолого-минералогических наук, профессора Томского политехнического института (ныне Томский Политехнический университет) Степана Львовича Шварцева. В них сообщается, к примеру, о том, что «температура плавления воды по аналогии с температурой плавления гидридов других элементов должна составлять 120°C, а не 0°C, как это есть на самом деле. По тем же соображениям ее температура кипения должна быть равной минус 112°C, а фактически она равна +100°C. Не менее удивительно то, что плавление воды сопровождается не расширением, как у всех природных соединений, а сжатием. Наибольшей плотностью, а следовательно, и наименьшим удельным объемом вода обладает при температуре равной 4°C, а не при 0°C, как это можно было предположить. При повышении температуры от 0 до 4°C плотность воды возрастает, и только при еще больших температурах она начинает уменьшаться. Из всех жидкостей вода – практически самый сильный растворитель. Она растворяет почти все природные вещества, кроме жиров и углеводов. Удивительные свойства воды можно было бы перечислять и дальше: к ним относятся необычайная зависимость вязкости воды от давления, большая теплоемкость воды, ее большое поверхностное натяжение и др. Однако уже приведенные данные красноречиво говорят о необычности многих свойств воды» [4, 5]. Когда же мы говорим о минеральной воде, то эти свойства следует дополнить еще одним, без преувеличения, драгоценным для человека свойством – целительным. Оно в полной мере присуще Белокурихинским термам, что и заставляет неоднократно возвращаться к характеристике этой воды по мере увеличения степени ее изученности.

История изучения Белокурихинских терм

Местное население стихийно использовало целебные воды Белокурихинских источников вероятно задолго до того, как первые сведения о них появились в печати в 1860 г. В последующие годы ряд сообщений о источниках этих вод делаются, главным образом лицами, принимавшими участие в их благоустройстве.

Первый анализ химического состава Белокурихинской термальной воды выполнен в 1869 г. в Томске в аптеке Мальгудовича. Последующие неоднократно, проводившиеся в позапрошлом веке анализы не внесли серьезных корректив в первоначально определенный химический состав этой воды. Достаточно долго она вообще не признавалась минеральной из-за малого количества растворенных в ней солей. Только с момента определения В.С. Титовым в 1907-1908 г.г. радиоактивности Белокурихинской воды, ее стали классифицировать как лечебную минеральную воду.

Надо сказать, что открытие радиоактивности термальных вод Белокурихинских источников сыграло двоякую роль в становлении и развитии курорта. С одной стороны, на том уровне знаний о радиоактивности научно обосновывалась бальнеологическая ценность Белокурихинских терм, что в последствии послужило основанием для строительства курорта. С другой стороны – традиционность представлений о Белокурихе как о радиоактивном курорте в немалой степени способствовало его антирекламе, особенно в период конца 90-х прошлого века – начале 2000-х годов текущего века, в связи с распространением радиophobia, зачастую необоснованной. Как бы то ни было, при изучении Белокурихинских вод внимание исследователей концентрировалось в основном на изучении ее радиоактивности, и упускались из виду другие ее компоненты и свойства. При этом на определенном этапе, с накоплением знаний о радиоактивности, появились серьезные сомнения в правомерности объяснения терапевтического эффекта Белокурихинских терм их радиоактивностью, т.к. незначительные концентрации радиоактивных элементов (в рассматриваемом случае, радона) в этих термах, с позиций радиологических теорий не могут обеспечить лечебный эффект. В связи с этим, ставился даже вопрос о закрытии курорта или переводе его в разряд лечебниц местного значения [1]. С течением времени результаты воздействия на человека малых доз радиации существенно переосмыслены. В настоящее время у нас в стране и за рубежом популярна гипотеза так называемого гормезиса, т.е., получения положительного лечебного эффекта за счет малых доз радиации. Применительно к Белокурихинской воде идею гормезиса интен-

сивно развивал В.П. Казначеев [2]. Однако эта идея не объясняет, за счет чего обеспечивается бальнеологический эффект близких по составу Белокурихинским, азотно-кремнистым терм других месторождений, не содержащих радон?

Как бы то ни было, в настоящее время накопленный практический опыт работы курорта Белокуриха не позволяет усомниться в высочайшей бальнеологической ценности Белокурихинских терм.

В период с начала века до момента производства гидрогеологических разведочных работ на участке естественных выходов термальной вод на поверхность в 1931 г. изучением Белокурихинских терм занимались С.А Арцибашев, А.И. Богоявленский, М.М Васильевский, А.О. Кобзева, М.П. Орлова и многие др. Результаты этих исследований позволили уточнить ранее полученные сведения о химическом составе и радиоактивности термальных вод Белокурихи. Первые же представления о гидрогеологических условиях района курорта были получены по результатам геологоразведочных работ, проведенных в период с 1931 по 1938 г.г. под руководством профессора Томского Государственного университета Михаила Ивановича Кучина. В этот период была детально разведана до глубины 100-150 м небольшая часть Белокурихинского месторождения в пределах естественного очага разгрузки терм. Многие выводы сделанные М.И. Кучиным на основании разведочных работ актуальны и до настоящего времени.

В 1949-1952 г.г. Алтайской комплексной гидрогеологической экспедицией «Союзгеокаптажминвод» выполнены работы по бурению эксплуатационных скважин и ликвидации старых разведочных скважин в пределах разведанной части месторождения. В 1954-1955 гг. этой же организацией, преобразованной в дальнейшем в «Контору Геоминвод», был впервые произведен подсчет эксплуатационных запасов Белокурихинских терм.

Дальнейшим этапом изучения гидрогеологических условий Белокурихинского месторождения были проводившиеся «Конторой Геоминвод» под руководством Н.М. Елмановой разведочные работы 1960-1963 и 1965-1969 годов, которые включали бурение глубоких (400-500 м) скважин, как в пределах ранее разведанного участка, так и на значительной площади к югу от него на расстоянии до 2 км. В результате была выявлена погруженная «скрытая» часть месторождения и уточнены его контуры. В процессе работ выполнен большой объем опытных работ, позволивший переоценить эксплуатационные запасы Белокурихинских терм и утвердить их в Государственной Комиссии по запасам полезных ископаемых СССР в количестве 1200 м³/сут.

В 1981 г. «Канторой Геоминвод» были проведены полугодовые выпуски минеральной воды из двух эксплуатационных скважин с целью ревизии ее эксплуатационных запасов. В 1983 г. пробурены три скважины, две из которых дублировали эксплуатационные на участке погруженной части месторождения и одна в пределах неглубокого залегания терм, для выполнения наблюдений за их режимом. После 1983 г. месторождение изучается только по результатам гидрогеологического мониторинга (режимных наблюдений). На основании этих результатов, выполнено переутверждение запасов Белокурихинских терм сначала в 1996, а затем в 2021 годах в количестве 600 м³/сут по категории В.

Геологическое строение и гидрогеологические условия Белокурихинского месторождения

Белокурихинское месторождение термальных радоносодержащих азотно-кремнистых вод приурочено к краевой северной части одноименного гранитоидного массива. Следует отметить, что в геологическом плане, эта часть массива представляет собой наиболее интересную, мобильную структуру, т.к. ее формирование во многом обусловлено влиянием, протягивающегося на сотни километров вдоль всего фаса Алтайских гор регионального глубинного Белокурихинского разлома. Формирование самого месторождения теснейшим образом связано с этим разломом. В процессе его заложения и неоднократного подновления (неотектонические подвижки происходят и в настоящее время, за счет землетрясений отголоски которых фиксируются периодически в г. Белокурихе) вмещающие месторождение граниты претерпели значительные преобразования, выражающиеся в изменении типичного для них серого цвета на красный и розовый, а так же в широком развитии зон и участков вторичной минерализации, сформированной за счет деятельности гидротермальных растворов. Розовые измененные граниты можно наблюдать в обнажениях в бортах долины р. Белокуриха на участках вниз по ее течению от главной водолечебницы до границы курортной зоны.

За счет опережающих Белокурихинский разлом или, иначе надвиг (структуры Горного Алтая надвинуты на более молодые неоген-четвертичные образования степной части Алтая) нарушений меньшего порядка, вмещающие месторождение граниты приобрели блоковое строение. Причем блоки гранитов смещены по вертикали относительно друг друга на значительную высоту (до 10-20 м), а зоны смятия или плоскости скольжения, по которым смещались блоки выполняют в настоящее время роль своеобразных экранов,

затрудняющих движение терм к очагу разгрузки. Одним из таких «экранов» служит Татарская зона смятия, проявляющаяся на поверхности в виде притертых поверхностей скольжения в гранитах по бортам, впадающего с правой стороны реки ручья Татарского, унаследовавшего направление простираения этой зоны. Вмещающими термальную воду каналами являются зоны тектонической трещиноватости гранитов, расположенные под долиной реки Белокурихи и имеющими приблизительно тоже простираение что и река.

Внедрение термальных вод в эти зоны происходит сосредоточенно по крутопадающему и уходящему на большую глубину единому термогенерирующему нарушению, проектирующемуся на поверхность вблизи скважины № 4-э (район главной водолечебницы). Термальная вода поднимается по этому нарушению с большой глубины к поверхности и формирует на общем фоне широко распространенных в районе и на участке месторождения безнапорных или слабонапорных трещинных холодных вод выветрелой зоны гранитов, а также грунтовых вод современных рыхлых образований контрастную гидрогеологическую аномалию. Она фиксируется в виде гидродинамического купола с пьезомаксимумом на участке скважины 4-э, выводящей на поверхность наиболее горячие (Т=42°С) минеральные воды из погруженной части месторождения. Шлейф этого купола прослеживается по пьезоуровням в открытой части месторождения вдоль долины р. Белокурихи вплоть до очага разгрузки минеральных вод, естественными дренами которых ранее были источники (в частности, «Змеиный колодец»), а в настоящее время разгрузка осуществляется в подрусловые отложения реки и кору выветривания гранитов вблизи поверхности.

Термальные воды Белокурихинского месторождения являются высоконапорными. Первоначальные избыточные напоры достигали + 21 м над поверхностью Земли на участке наиболее глубокого залегания минеральных вод, здесь же отмечались максимальные дебиты скважин (до 50 л/с). Добыча воды осуществляется двумя эксплуатационными скважинами, вскрывающими эту часть месторождения на глубину 525 м (скв. 3-э) и 416 м (скв. 4-э). Всего на месторождении пробурено 10 скважин, 8 из них наблюдательные, причем 3 скважины мелкие (10-12 м) пройдены для наблюдений за режимом холодных грунтовых вод и 5 скважин глубиной от 140 до 600 м используются для наблюдений за режимом термоминеральных вод. Вода из эксплуатационных скважин подается поверхностными насосами в накопительные емкости, а затем по системе водопроводов в водолечебницы и санатории.

В результате многолетней эксплуатации месторождения первоначальные напоры минеральной воды в скважинах снижены наполовину, тем не менее практически все скважины самоизливающиеся, т.е. уровни воды в них превышают отметки их устьев.

Следует сказать, что Белокурихинское месторождение термальных вод не единственное на Алтае. Подобные ему по генетическому типу месторождения термальных (субтермальных) вод известны в пределах зоны Белокурихинского разлома, в узлах его пересечения с нарушениями меньшего порядка, формируя единую, так называемую, «термальную линию». В частности, это месторождения Искровское, Черновское и Рахмановские ключи. Причем первые два располагаются в непосредственной близости от курорта (13-15 км). Искровское месторождение в настоящее время уже эксплуатируется, а Черновское и Рахмановские ключи определяют ресурсный потенциал термальных минеральных вод в этом регионе. Все перечисленные месторождения относятся к, так называемому, трещинно-жильному типу и характеризуются сходными условиями залегания и распространения водообводненных зон, циркуляцией и механизмом формирования термальных вод, геолого-структурным строением и приуроченностью месторождений к гранитам. Достаточно близок химический состав минеральных вод этих месторождений. Все они представляют бальнеогруппу азотно-кремнистых термальных вод

Химический состав Белокурихинских терм

Белокурихинские термы являются слабоминерализованными (минерализация 0,3 г/л), щелочными (рН до 9,6), водами гидрокарбонатно-сульфатного, сульфатно-гидрокарбонатного натриевого состава, с повышенным содержанием кремниевой кислоты (до 65 мг/л) и фтора (до 26,8 мг/л).

По газовому составу термальные воды Белокурихинского месторождения относятся к азотным. Содержание азота достигает 98 % от объема всех газов (N₂, углеводороды, редкие газы) установленных в воде. Примерно такое же соотношение газов характерно для всех кремнистых терм, в связи с чем они часто называются азотными или азотно-кремнистыми термами. Тем не менее, Белокурихинские термы более известны как радоновые, несмотря на то что радон в них присутствует в небольшом количестве 5-8 нКи/л, соответствующем нижней границе кондиций, установленных для радоновых вод. Вообще «собственно радоновые» минеральные воды идентифицируются по вполне определенным признакам и радон для них является единствен-

ным и основным компонентом, определяющим возможность отнесения этих вод к минеральным лечебным. Между тем, как выше отмечено, Белокурихинские термы – поликомпонентны, причем по совокупности содержаний преобладающих компонентов они в большей степени относятся к кремнистым, чем к радоновым термам, поскольку содержание в них кремниевой кислоты вполне кондиционное (более 50 мг/л), тогда как содержание радона довольно низкое, что позволяет отнести эти воды только к очень слабо-радоновым. При этом следует отметить, что каждое из месторождений азотно-кремнистых терм (речь идет о месторождениях в гранитных массивах), не смотря на достаточно сходные их гидрогеологические условия и близость химического состава минеральных вод характеризуется своими особенностями, обуславливающими специфику воздействия воды конкретного месторождения на организм человека.

Чтобы выяснить особенности Белокурихинского месторождения попробуем разобраться с условиями формирования его запасов и химического состава минеральных вод.

Условия формирования ресурсов и химического состава азотно-кремнистых терм Белокурихинского месторождения

Источником питания Белокурихинского месторождения являются инфильтрующиеся по зонам разломов метеогенные воды (главным образом атмосферные осадки). Это, подтверждается слабой газонасыщенностью терм (26 мл/л) и тем, что азот (абсолютно доминирующий компонент газового ее состава) имеет воздушное происхождение. Интересно, что некоторый избыток газов над возможно допустимым их прихватом из воздуха (15-20 мл/л), а также небольшое отклонение отношения содержания аргона к азоту от значений свойственных воздуху ранее объяснялись за счет флюидов некоторого (незначительного) количества газов (главным образом азота) из глубоких частей недр. Сегодня, благодаря исследования С.Л. Шварцева [4] доказано, что избыток азота объясняется его концентрированием в процессе химического разложения и уменьшения объема инфильтрующейся метеогенной воды при ее взаимодействии с гранитами (процесс аналогичный испарительному концентрированию элементов при уменьшении объема испаряющейся воды). Концентрация именно азота происходит вследствие его химической инертности, т.к. другие газы воздушного происхождения (O₂, CO₂) расходуются в реакциях окисления и гидролиза (взаимное разложение воды и пород).

Гидролизом, т.е. разложением воды, объясняется и повышенная щелочность Белокури-

хинских терм. Это легко понять если вспомнить школьный курс общей химии и представить разложенную молекулу воды в виде ионов H^+ и OH^- . Гидроксильная группа OH^- , как раз и обуславливает щелочность воды, а ион водорода, отвечающий за ее кислотность, расходуется на формирование кремневой кислоты (H_2SiO_3), в силу вещественного состава гранитов, преобладающим компонентом которых является кремнезем. Но так как кремневая кислота относится к исключительно слабым кислотам ее вклад в кислотно-щелочную реакцию раствора несопоставимо мал по сравнению с влиянием постоянно образующейся гидроксильной группы, обеспечивающей сдвиг в сторону щелочности среды.

Низкая минерализация минеральных вод объясняется относительной «инертностью» вмещающих гранитов (растворимость силикатов очень мала по сравнению с хорошо растворимыми породообразующими минералами, обеспечивающими высокую концентрацию солей в растворах). Наличие сульфатов и фтора в Белокурихинской воде обусловлено выщелачиванием ею сульфидных и фторсодержащих минералов гидротермального происхождения, широко распространенных в зонах тектонической трещиноватости месторождения.

Не смотря на часто ощущаемый запах сероводорода в Белокурихинской воде свободный сероводород в ней практически отсутствует или отмечается в незначительных количествах (не более 3 мг/л). Обычно он присутствует в диссоциированной форме, в связи с высоким рН раствора, т.е. в виде гидросульфида (HS^-) и обусловлен процессом десульфатизации в условиях восстановительной среды (бескислородной), характерной для Белокурихинских терм.

Происхождение радона в Белокурихинской воде обусловлено двумя факторами: продуцированием его вторичным радием, накапливающимся в верхней выветрелой зоне гранитов, и за счет эманацій из зон минерализаций радиоактивных элементов в тектонических трещинах более глубоких горизонтов.

Геохимический облик Белокурихинской минеральной воды сформировался не сиюминутно и не только в пределах контура месторождения. Это очень длительный процесс, о чем свидетельствует возраст воды (около 10 млн. лет) и осуществляется он на всем протяжении движения воды от областей питания до очагов разгрузки.

Разведанный очаг разгрузки, расположенный на ограниченной территории в пределах курортной зоны, локализован на весьма ограниченном участке месторождения. Большая часть последнего скрыта и погружена на большую глубину и представляет собой весьма разветвленную

трещинную гидротермальную систему. Основные области питания располагаются в пределах контактовых ослабленных зон гранитоидного массива с вмещающим эффузивно-осадочными образованиями и зон тектонических нарушений в центральной высокогорной части района. Это подтверждается пониженными содержаниями дейтерия (изотопа водорода) в Белокурихинских термах, характерными для атмосферных осадков высокогорных районов, при том, что курорт расположен на низких отметках рельефа – в среднем 250 м. абс. Существовавшее ранее мнение относительно возможности формирования ресурсов Белокурихинских терм в местных областях питания, т.е. вблизи очагов разгрузки вряд ли было оправданным, хотя бы по тому, что короткие пути фильтрации от области питания до очага разгрузки исключают возможность радикального преобразования простых по составу метеорных вод в типичные азотно-кремнистые термы. Как раз длительное время фильтрации подземных вод от области питания до области разгрузки и обеспечивает их метаморфизацию, т. е. коренное преобразование под действием высоких температур и давлений, характерных для глубоких горизонтов. Вполне возможно, что именно в этом кроется главная загадка целебных свойств Белокурихинской воды. Ведь совершенно очевидно, что повторить или как-то воспроизвести экспериментально те природные условия, в которых она формируется невозможно, хотя искусственно создать раствор по общему химическому составу и содержанию радона, соответствующий Белокурихинской воде достаточно просто. Тем не менее терапевтический эффект такой воды будет несопоставимо мал по сравнению с природной водой, что и подтвердилось результатами экспериментов по приготовлению из дистиллированной воды искусственно насыщенных радоном и другими компонентами растворов. Собственно, эти результаты являются наилучшим свидетельством уникальности Белокурихинских терм, как к стати, и любой другой минеральной воды, доказывая, что приготовленные искусственным путем минерализованные воды никогда не будут соответствовать их природному аналогу.

Запасы подземных вод Белокурихинского месторождения

Чтобы более предметно говорить о количестве Белокурихинских терм, следует различать такие понятия как естественные ресурсы, естественные запасы и эксплуатационные запасы подземных вод. Естественные ресурсы – это количество воды, поступающей в водоносный горизонт в естественных условиях в результате инфильтрации атмосферных осадков, фильтра-

ции из поверхностных водотоков, перетекания из выше- и нижележащих водоносных горизонтов и т.д., т.е. постоянно возобновляемая часть подземных вод. Применительно к Белокурихинскому месторождению – это то количество воды, которое поступает в трещинную систему месторождения и, соответственно, разгружается в пределах очага разгрузки. Естественные запасы – это масса гравитационной воды в пласте (в нашем случае, в гидротермальной водонапорной системе зон тектонической трещиноватости) в естественных условиях. Иногда они называются статическими запасами, в отличие от динамических, которыми называют естественные ресурсы. В настоящее время термин «эксплуатационные» применительно к запасам подземных вод изъят из употребления (по моему мнению и мнению большинства гидрогеологов ошибочно), хотя – этот термин, как нельзя лучше, характеризует то количество запасов подземных вод, которое может быть получено за расчетный срок эксплуатации рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями без ущерба для качества этих вод.

Безусловно, при разработке Белокурихинского месторождения наиболее важны именно эксплуатационные запасы, т.к. они определяют производственную мощность курорта. Но следует отметить, что, не менее важно знать количество естественных ресурсов, которые как выяснилось, определяют (обеспечивают) величину эксплуатационных запасов Белокурихинских терм.

В СССР интенсивное развитие курортного дела обуславливало необходимость увеличения запасов минеральных вод вообще и Белокурихинских терм, в частности. В связи с этим, интенсифицировались работы по доразведке и выявлению новых месторождений минеральных вод с целью прироста их запасов. И в этом плане были достигнуты заметные успехи. Однако во время проведения с начала 90-х годов прошлого столетия социально-экономических и политических реформ в нашей стране, в условиях, когда коммерческие интересы зачастую превалировали над здравым смыслом, минеральные воды на некоторых месторождениях (особенно это характерно для месторождений Кавказских минеральных вод) добывались в количествах, значительно превышающих их эксплуатационные запасы. В результате неумеренной эксплуатации этих месторождений существенно снижалось качество минеральных вод и соответственно их бальнеологическая ценность.

Относительно Белокурихинского месторождения в этом смысле вопрос не стоял так остро. Тем не менее, в результате многолетней эксплуатации этого месторождения с водоотбором,

превышающим величину естественных ресурсов, т.е. величину естественного восполнения, первоначально избыточные напоры минеральных вод были снижены к началу 1990 г. практически до нулевых отметок (т.е. до отметок устьев скважин). Сам этот факт, может быть и не следовало рассматривать как негативный, если бы при этом не произошло заметного снижения содержания основных биологически активных компонентов – кремниекислоты и радона, до значений не соответствующих установленным для них кондиций. Очевидно, что нарушался баланс между скоростью движения воды, увеличивающейся с интенсификацией водоотбора и процессами формирования химического состава этой воды. При дальнейшем снижении уровней минеральных вод могло бы произойти разубоживание (разбавление) минеральных вод некондиционными по химическому составу и бактериальным показателям грунтовыми водами, что могло бы привести к необратимым последствиям для Белокурихинского месторождения. Поэтому сначала в 1996 г, а затем в 2021 годах осуществлена переоценка эксплуатационных запасов вод этого месторождения на основе обработки материалов многолетних наблюдений за их режимом в процессе эксплуатации. При этом выяснилось, что водоотбор свыше 600 м³/сут, превышает естественную восполняемость минеральных вод и приводит к вовлечению в эксплуатацию емкостных запасов, что в свою очередь, обуславливает ухудшение качества воды в силу вышеуказанных причин. Таким образом было доказано, что эксплуатационные запасы Белокурихинских терм не могут превышать величины их естественных ресурсов, чем и руководствовалась Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых Российской Федерации при утверждении эксплуатационных запасов минеральных вод Белокурихинского месторождения в количестве 600 м³/сут.

Следует отметить, что относительная ограниченность эксплуатационных запасов Белокурихинских терм, не в полную меру обеспечивающих потребности курорта (в пиковые периоды, в основном, в летние месяцы наблюдается дефицит воды), стимулировала ввод в эксплуатацию Искровского месторождения радоновых азотно-кремнистых термальных вод с утвержденными их запасами в 840 м³/сут. Эксплуатация этого месторождения сняла проблему указанного дефицита.


Заключение

Вышеизложенный материал позволяет, как мне кажется, получить общие представления о геологическом строении и гидрогеологических условиях Белокурихинского месторождения. Однако, как и все ранее написанное о Белокури-

хе этот материал не позволяет однозначно определить причины высокого лечебного эффекта Белокурихинских терм при их применении в бальнеологических процедурах.

Между тем достаточно перспективной представляется версия о том, что причиной этого является кардинальная метаморфизация воды в результате длительного ее контакта с породами в специфических условиях тектонически и энергетически активных недр Алтая и, в связи с этим, особая структура воды. В самом деле, ведь физико-химические параметры Белокурихинской минеральной воды изучены достаточно хорошо, и приготовить искусственные растворы по химическому составу аналогичные природным Белокурихинским термам несложно. Однако как уже отмечалось такие растворы весьма далеки по лечебному воздействию на человека от природных Белокурихинских вод. Следовательно, не только и возможно не столько бальнеологическая ценность последних обязана физико-химическим ее свойствам. Не исключено, что главным фактором позитивного воздействия на человека являются особенности структуры этой воды, сформированной в процессе длительного преобразования метеорной воды в азотно-кремнистые термы.

Вообще следует заметить, что структура воды, ее изменения, пока слабо охвачены научной мыслью. Тем не менее, по словам С.Л. Шварцева: «Имеются все основания предполагать, что основа многообразия окружающего нас мира кроется в многообразии именно структуры воды и ее способности к непрерывному многоплановому изменению и функции передачи информации через изменение этой структуры» [5]. Речь идет о функции передачи водой физико-химической информации – факт достаточно давно научно обоснованный и доказанный, в частности, в работах

Ф.А. Летникова с соавторами [3]. При этом, как ранее обращалось внимание, происходит метаморфизация состава подземных вод с постоянными структурными ее превращениями. Причем трансформация структуры воды происходит не только в общеизвестном смысле – на уровне агрегатного состояния воды (лед, вода, пар) но и на молекулярном уровне строения одного из агрегатных ее состояний, т.е. собственно жидкой воды, когда происходят изменения взаимосвязей растворенных ионов, их сближение, формирование ионных пар и осаждение в виде нейтральных молекул. И чем большая степень метаморфизации воды, тем больше она отличается по геохимическому типу от материнской и тем с большим основанием можно рассчитывать на рост ее активности по отношению к человеческому организму. Учитывая древний возраст Белокурихинской минеральной воды, циркулирующей в специфических условиях гидротермальной водовмещающей системы, можно предположить высокую степень ее метаморфизации, т.е. длинный ряд последовательно сменяющихся состояний, обуславливающих коренную структурную ее перестройку и повышенную активность за счет накопления в каких-то структурных ячейках воды позитивной биоинформации и передачи этой информации человеку. Очевидно, что для доказательства такого предположения необходимо проведение специальных исследований структуры Белокурихинской (и не только) минеральной воды. Пока такие исследования не проводились, хотя на мой взгляд, возможные их результаты сулят огромные перспективы в плане разгадки и объяснения процессов, а также механизмов воздействия на человека минеральной воды и, соответственно, возможностей еще более успешного ее использования в бальнеопрактике курортов. 

Литература

1. Казначеев В.П., Чернявский Е.Ф. «Курорт Белокуриха», Издание пятое исправленное и дополненное, Новосибирск, 1999.
2. Казначеев В.П. Б. А. Эфендиев, Т. С. Эфендиева Актуальные проблемы курортологии. Новосибирск, 2003 г.
3. Летников Ф.А., Кащева Т.В., Минцис А.Ш. Активированная вода. Новосибирск: Наука, 1976.
4. Шварцев С.Л. Основы Гидрогеологии. Гидрогеохимия, М.: Наука, 1982.
5. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. М.: Недра, 1996

UDC 556.31

A.A. Loginov, Leading researcher of LLC «NTPC «CENOMAN», Candidate of Geological and mineralogical Sciences Login1951@mail.ru

BELOKURIKHINSKOYE DEPOSIT OF RADON-CONTAINING SILICEOUS THERMAL WATERS

Abstract: Based on the results of the study of Belokurikha deposit characterized its geological structure and hydrogeological conditions, as well as outlined non-traditional views on the possible causes of the high therapeutic effect of the use of mineral waters of this deposit.

Keywords: mineral waters, radon waters, nitrogen-silicon thermae, Belokurikha deposit, its geological structure and hydrogeological conditions, physical and chemical parameters of Belokurikha mineral waters and conditions of their formation, reserves of these waters, hormesis, balneoeffect, structural water memory, bioinformation.



Боревский Б.В.
 д-р геол.-мин. наук
 АО «ГИДЭК»¹
 генеральный директор
info@hydec.ru



Язвин А.Л.
 д-р геол.-мин. наук
 АО «ГИДЭК»¹
 руководитель геологической службы
 главный научный сотрудник
alyazvin@hydec.ru

ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАК ОСНОВА КВАЛИФИКАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ГРУППАМ СЛОЖНОСТИ

1. Россия, 105203, Москва, 15 Парковая 10А

Квалификация месторождений питьевых подземных вод по сложности условий определяет методику их изучения и возможность освоения. Согласно нормативной базе, сложность гидрогеохимических условий является одним из критериев выделения групп сложности, однако на практике она занимает подчиненное место по отношению к критерию фильтрационной неоднородности водовмещающих отложений. В настоящее время, ввиду ужесточения требований к качеству воды и развитию методов водоподготовки, сложность гидрогеохимических условий должна рассматриваться как решающий фактор при определении группы сложности изучаемого месторождения. В составе показателей сложности гидрогеохимических условий основное внимание следует уделять надежности прогнозов изменения качества воды в процессе эксплуатации водозаборов.

Ключевые слова: питьевые подземные воды, недропользование, оценка запасов, нормативно-правовые документы, геологоразведочные работы, водоснабжение, сложность гидрогеохимических условий, прогноз изменения качества подземных вод.

Изучение качества питьевых подземных вод, т.е. возможности их использования по целевому назначению, всегда являлось важной частью оценки запасов, наряду с количественной оценкой – как и для любого другого полезного ископаемого. Требования к изученности качества подземных вод были сформулированы во всех «Классификациях эксплуатационных запасов...» [5-9] и инструкциях (методических рекомендациях) по их применению.

Указанные документы определяют изучение качества воды в процессе геологоразведочных работ и прогнозирование его устойчивости (пределов возможных изменений) в течение расчетного срока эксплуатации.

В разные периоды действия «Классификаций...» соотношение внимания, уделяемого степени изученности количества и качества запасов подземных вод, существенно менялось – в зависимости от их влияния на затраты по строительству и эксплуатации водозаборов.

В период действия первых «Классификаций...» водоподготовка (за исключением обезжелезивания и обеззараживания), как правило, не проектировалась, поэтому отношение к вопросам прогнозирования изменений качества подземных вод не было достаточно жестким и требовательным. Практически до конца XX века количественным гидродинамическим прогнозам уделялось существенно большее влияние, чем прогнозам качества. Использование консервативных и особенно балансовых методов прогноза изменения качества подземных вод привело к многочисленным серьезным ошибкам в прогнозах, к сожалению – в сторону его ухудшения по сравнению с прогнозными.

И в настоящее время прогнозы изменения качества подземных вод при эксплуатации продолжают носить сугубо формальный характер. Как правило, авторы ограничиваются тем, что констатируют соответствие качества воды нормативным требованиям и отсутствие причин для существенного изменения его во времени.

Между тем, проблема повышения надежности и достоверности прогнозов изменения качества подземных вод существенно обострилась в последние десятилетия в связи с большими затратами на водоподготовку и утилизацию отходов, образующихся при ее проведении [2].

Рассмотрим коротко эволюцию требований к изученности качества воды применительно к выделяемым категориям запасов (*таблица 1*).

Согласно первой «Классификации...» 1950 г. [8] при оценке запасов должна быть дана «качественная оценка подземных вод в соответствии с их целевым использованием».

Для категорий А и В качество должно быть «изучено достаточно для соответствующего целевого назначения», категории С₁ – «изучено в отдельных точках». Других требований не предъявлено.

В Инструкции по применению «Классификации...» (1951 г.) указано, что оценка качества дается в соответствии с их целевым назначением по физико-химическим и бактериологическим анализам с учетом гидрогеологических и санитарных условий. При этом исследования воды производятся не только для разведываемого водоносного слоя или комплекса водоносных слоев, но и для всех гидравлически связанных с ними водоносных горизонтов, а также и для поверхностных вод, которые могут повлиять на качество данных подземных вод в процессе их эксплуатации.

В определении понятия «эксплуатационные запасы» в «Классификации...» 1960 г. [9] говорится, что качество должно удовлетворять требованиям (определяются соответствующими ГОСТами) в течение всего расчетного срока водопотребления. Требования к изученности качества для разных категорий приведены в *таблице 1*.

Для освоения месторождения требуется соотношение категорий: А – 50%, В – 50%. На участках с весьма сложным гидрогеологическим строением допускается проектирование и строительство на базе меньшей доли категории А или даже на запасах категории В.

В Инструкции (1961 г.) методика геологоразведочных работ была увязана со сложностью гидрогеологических и гидрохимических условий. Приведена группировка МПВ по природным факторам, определяющим методику разведки и оценки запасов: 1 группа – месторождения грунтовых и неглубоких напорных вод; 2 группа – месторождения глубоких напорных артезианских вод.

В 1976 г. вышла «Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям пресных вод» [3], а в 1979 г. – «Методическое руководство...» [4] (Язвин Л.С., Боревский Б.В. и др.), содержащие ряд принципиальных нововведений.

Впервые дана типизация месторождений подземных вод по геолого-гидрогеологическим условиям, определяющим методику разведки и подсчета эксплуатационных запасов подземных вод, широко используемая и в настоящее время.

Была увеличена значимость прогноза качества воды. Подчеркивалось, что в процессе эксплуатации водозаборов, в зависимости от гидрохимических условий в районе месторождения, а также при наличии очагов загрязнения, может происходить ухудшение качества подземных вод. Поэтому достоверность оценки

Таблица 1.

Требования к изученности качества и обоснованность прогноза его изменения по категориям запасов (согласно «Классификациям запасов...»)

Категория	1950	1960	1976 (инструкция)
Категория А	Качество воды для соответствующего целевого использования изучено достаточно	Качество подземных вод изучено с достоверностью, обеспечивающей возможность их использования по целевому назначению на расчетный срок водопотребления	Качество подземных вод изучено надежно и всесторонне по всем показателям в соответствии с требованиями к ним по целевому назначению, надежно определено положение контуров некондиционных вод в плане и разрезе в зоне влияния проектного водозабора, доказано, что качество вод в течение всего расчетного срока водопотребления будет находиться в установленных требованиями (кондициями) пределах
Категория В	Качество вод для соответствующего целевого использования изучено достаточно	Качество подземных вод изучено в такой мере, которая позволяет установить возможность их использования для заданного назначения	Качество подземных вод изучено в соответствии с требованиями к ним по целевому назначению; по месторождениям, где возможны изменения качества воды в процессе эксплуатации, приближенным гидродинамическим или балансовым расчетом должно быть доказано постоянство качества воды во времени, либо то, что его изменения будут происходить в допустимых пределах
Категория С ₁	В сложных гидрогеологических условиях необходимо опробование качества подземных вод в отдельных точках	Качество подземных вод изучено в такой мере, которая обеспечивает предварительное решение вопроса о возможности их использования по заданному назначению	Качество подземных вод должно быть изучено в мере, обеспечивающей решение вопроса о возможности их использования по заданному назначению; возможные изменения качества воды в процессе эксплуатации оцениваются ориентировочно на основании анализа общих геолого-гидрогеологических условий
Категория С ₂	-	Качество подземных вод определено по пробам, взятым в отдельных точках водоносного горизонта, либо по аналогии с разведанными участками	Качество подземных вод определено по пробам, взятым в отдельных точках водоносного горизонта, либо по аналогии с изученными участками того же горизонта. Эксплуатационные запасы подземных вод определены в пределах выявленных благоприятных структур и комплексов водовмещающих пород

Категория	1983	1997	2007
Категория А	Качество подземных вод изучено по всем показателям в соответствии с требованиями целевого использования; доказано, что в течение расчетного срока водопотребления качество вод будет постоянным или изменяться в допустимых пределах	Качество подземных вод изучено в течение всего периода эксплуатации и удовлетворяет требованиям их целевого назначения с учетом применяемых методов предварительной водоподготовки; подтверждена возможность его сохранения на весь последующий срок эксплуатации	Качество подземных вод соответствует требованиям их целевого использования, определенным и согласованным в установленном порядке, и обоснована возможность его сохранения на последующий срок эксплуатации водозабора
Категория В	Качество подземных вод изучено по всем показателям в соответствии с требованиями целевого использования; доказано, что в течение расчетного срока водопотребления качество вод будет постоянным или изменяться в допустимых пределах	Качество подземных вод изучено по всем показателям в соответствии с требованиями целевого назначения; доказано, что в течение расчетного срока водопотребления качество воды будет постоянным или будет изменяться в допустимых пределах	Качество подземных вод изучено в необходимых объемах с детальностью, позволяющей установить соответствие установленным требованиям в зависимости от целевого назначения воды, и выполнен прогноз сохранения необходимого качества воды в течение расчетного срока эксплуатации водозаборного сооружения
Категория С ₁	Качество подземных вод, а также его изменения в течение расчетного срока водопотребления изучены в степени, обосновывающей возможность целевого использования	Качество подземных вод, а также его изменения в течение расчетного срока водопотребления изучены в степени, обосновывающей возможность их использования по целевому назначению	Качество подземных вод изучено в объемах и детальностью, позволяющих с удовлетворительной достоверностью установить соответствие установленным требованиям в зависимости от целевого назначения воды и выполнить предварительные прогнозы сохранения качества воды или пределы его изменений в течение расчетного срока эксплуатации
Категория С ₂	Качество подземных вод изучено по единичным пробам и отвечает требованиям их целевого использования	Качество подземных вод изучено по единичным пробам и отвечает требованиям их целевого назначения	Качество подземных вод изучено в объемах и с детальностью, обеспечивающей предварительное установление возможности использования запасов по соответствующему целевому назначению

эксплуатационных запасов определяется также возможностью надежного прогнозирования качества воды во времени.

Выделены 3 группы сложности месторождений пресных подземных вод и сформулированы следующие критерии для их выделения, определяющих возможную степень достоверности оценки эксплуатационных запасов подземных вод:

- возможная достоверность оценки источников формирования запасов, находящихся отраженные в граничных условиях пласта;
- степень неоднородности фильтрационных свойств водовмещающих пород;
- сложность гидрохимических условий.

Впервые была учтена сложность технологических систем водозаборов в связи с невозможностью их реализации в процессе геолого-разведочных работ (горизонтальные водозаборы, системы ИППВ).

В зависимости от группы сложности дифференцированы требования к проведению геологоразведочных работ и условия отнесения запасов к разным категориям.

Принципы разделения месторождений питьевых подземных вод на группы сложности, сформулированные в «Инструкции» 1976 г., в значительной степени сохранились до настоящего времени.

Группа I. Месторождения с простыми гидрогеологическими условиями. Подземные воды приурочены к спокойно залегающим коллекторам выдержанной мощности, представленным однородными (пористыми и равномерно трещиноватыми) породами. Основные источники формирования эксплуатационных запасов могут быть надежно изучены в процессе разведочных работ, а также дан обоснованный прогноз изменения качества воды в процессе эксплуатации.

Группа II. Месторождения со сложными гидрогеологическими условиями. подземные воды приурочены к относительно спокойно залегающим коллекторам невыдержанной мощности или неоднородным по фильтрационным свойствам (неравномерно трещиноватым и закарстованным). Часть источников формирования эксплуатационных запасов может быть изучена в процессе разведочных работ надежно, а часть – приближенно. *Возможные изменения качества воды в процессе эксплуатации могут быть установлены приближенно расчетным путем.*

Группа III. Месторождения с очень сложными гидрогеологическими условиями. Подземные воды приурочены к весьма неоднородным по фильтрационным свойствам (неравномерно трещиноватым или закарстованным) коллекторам, имеющим локальное распространение, или пластам, невыдержанным по мощности и

осложненным тектоническими нарушениями. Источники формирования эксплуатационных запасов в процессе разведочных работ могут быть изучены приближенно, а *возможные изменения качества воды установлены ориентировочно.*

Группы сложности были увязаны с типами месторождений, для которых они наиболее характерны, и даны соответствующие примеры. Отмечено, что приведенные примеры не исключают того, что месторождения одного и того же типа, в зависимости от конкретных гидрогеологических условий, могут относиться к разным группам сложности.

Критерии оценки сложности гидрохимических условий приведены в **таблице 2.**

Разработки, выполненные в 1970-е годы, были приняты за основу при подготовке теми же авторами следующей «Классификации...» 1983 г. [6].

В этой «Классификации» были выделены 3 группы сложности гидрогеологических условий, охарактеризованные выше (с добавлением сложности геотермических условий).

Различия в сложности гидрогеологических условий нашли свое отражение в требованиях к степени изученности ЭЗПВ и соотношению «промышленных» категорий запасов, подготовленных для проектирования и освоения.

Группы сложности были увязаны с типами месторождений, для которых они наиболее характерны, и даны соответствующие примеры. Отмечено, что приведенные примеры не исключают того, что месторождения одного и того же типа, в зависимости от конкретных гидрогеологических условий, могут относиться к разным группам сложности.

Категория запасов	1-я группа	2-я группа	3-я группа
A+B	80	80	70
в т.ч. А не менее	40	20	-
C ₁	20	20	30

Соотношение категорий ЭЗПВ (в процентах)

Требования к изученности качества воды и обоснованность прогноза его изменений для разных категорий приведены в таблице 1. Критерии отнесения месторождений к той или иной группе сложности были перенесены в «Инструкцию».

В следующей «Классификации...» 1997 г. [7] вместо соотношения категорий для различных групп сложности были сформулированы требования к изученности запасов каждой категории, их использования для освоения и добычи подземных вод.

Критерии изученности и прогнозирования возможных изменений качества по категориям

приведены в **таблице 1**, критерии оценки сложности гидрохимических условий – в **таблице 2**.

Были выделены следующие критерии отнесения месторождений к той или иной группе сложности: гидрогеологические, водохозяйственные, геоэкологические и горно-геологические условия. При этом первый из них включал степень неоднородности пород, достоверность оценки источников формирования запасов, сложность гидрохимических и геотермических условий.

В «Классификации...» устанавливалось, что для отнесения месторождения к группе более высокой сложности достаточно, чтобы хотя бы один из установленных критериев соответствовал этой группе.

Запасы категорий В подсчитываются на разведанных месторождениях и являются основанием для проектирования водозабора и эксплуатации подземных вод.

Запасы категорий С₁ подсчитываются на предварительно оцененных месторождениях и предназначены для обоснования целесообразности разведки месторождения.

В весьма сложных условиях (III группа), где достижение детальности изученности запасов по категории В связано с большими и неоправданными затратами, запасы категории С₁ могут служить основанием для проведения ОПЭ без выполнения разведочных работ. Группы сложности определяют целесообразную степень изученности.

Таблица 2.

Группы сложности гидрогеохимических условий и обоснованность прогноза изменения качества

Группа сложности	1976 (инструкция)	1997 (классификация)	2003 (проект классификации)
I (простые гидрохимические условия)	Источники изменения качества отсутствуют или, при наличии в районе месторождения вод некондиционного состава, границы зон с различным качеством имеют простую конфигурацию в плане и в разрезе, а водоносные горизонты приурочены к однородным пористым породам. В этих условиях возможные изменения качества воды в процессе эксплуатации устанавливаются достаточно надежно расчетным путем	Отсутствие возможных источников изменения качества или возможность проведения надежного прогноза его изменения	Отсутствие возможных источников изменения качества или возможность проведения надежного прогноза его изменения. Объем полученной информации должен быть достаточным для обоснованного прогноза изменений уровней расходов и качества подземных вод на расчетный срок эксплуатации
II (сложные гидрохимические условия)	Границы зон с различным качеством имеют сложную конфигурацию в плане и разрезе, а водоносные горизонты приурочены к неоднородным пористым или равномерно трещиноватым породам. В этих условиях возможные изменения качества воды в процессе эксплуатации устанавливаются приблизительно расчетным путем.	Возможные изменения качества воды могут быть установлены приблизительно расчетным путем	Возможные изменения качества воды могут быть установлены приблизительно расчетным путем. Количественный прогноз изменения расходов, уровней и качества подземных вод в течение расчетного срока эксплуатации может быть выполнен обоснованно для водоотбора, не превышающего величину надежно изученных источников формирования запасов, а в остальных случаях – приблизительно
III (очень сложные гидрохимические условия)	Границы зон с различным качеством имеют сложную конфигурацию в плане и разрезе, а водоносные горизонты приурочены к неравномерно и весьма неравномерно трещиноватым и закарстованным породам. В этих условиях возможные изменения качества воды устанавливаются ориентировочно на основании качественного анализа гидрогеологической обстановки в районе месторождения.	Возможные изменения качества воды могут быть установлены только по анализу общей гидрогеологической и водохозяйственной обстановки, либо по аналогии с другими эксплуатируемыми месторождениями	Возможные изменения качества воды могут быть установлены только по анализу общей гидрогеологической и водохозяйственной обстановки и балансу источников формирования запасов либо по аналогии с другими эксплуатируемыми месторождениями. Источники формирования качества могут быть количественно оценены приблизительно. Прогноз возможных изменений качества в течение расчетного срока эксплуатации может быть выполнен приблизительно по анализу геолого-гидрогеологических условий и по аналогии с эксплуатируемыми МПВ

В 2003 г. ЗАО «ГИДЭК» (Боревский Б.В., Боревский Л.В., Язвин Л.С.) по заданию МПР был разработан проект новой «Классификации», принятый и одобренный Секцией подземных вод Научно-технического совета МПР России [1].

В проекте были существенно расширены основные критерии для отнесения месторождений к той или иной группе сложности, а также выделена 4-я группа – с уникальными по сложности условиями (месторождения питьевых вод 4-й группы сложности не выделялись).

Были сформулированы следующие основные критерии:

а) характер залегания и строения продуктивных горизонтов, перекрывающих и подстилающих водоносных и слабопроницаемых пластов;

б) изменчивость мощностей и фильтрационных свойств водовмещающих пород;

в) сложность естественной гидрохимической обстановки;

г) защищенность подземных вод от загрязнения;

д) возможность надежной количественной оценки основных источников формирования эксплуатационных запасов подземных вод и их качества, а также прогнозирования их сохранения или изменений в процессе эксплуатации;

е) сложность антропогенной, в т.ч. водохозяйственной обстановки;

ж) степень обеспеченности потребности ресурсами подземных вод;

з) возможность изучения факторов и надежного прогнозирования последствий влияния отбора подземных вод на окружающую среду;

и) сложность горно-геологических условий освоения и высокая стоимость геологоразведочных работ в связи с необходимостью применения сложных технологий.

При характеристике критериев сложности гидрохимических условий впервые была включена возможность достоверной оценки источников формирования качества подземных вод, а также прогнозирования их сохранения или изменения в процессе эксплуатации.

Формулировки возможной достоверности прогнозирования изменения качества в месторождениях различных групп сложности приведены в **таблице 2**.

Запасы подземных вод 1-й группы в процессе геологического изучения недр могут быть оценены по категориям В, С₁ и С₂; 2-ой группы – запасов категорий С₁ и С₂, а также в отдельных категории В; 3-ей группы – по категориям С₁ и С₂. В общем случае выделение запасов категории В производится по данным разведки.

Сложность гидрогеологических условий месторождений должна учитываться при оценке их геологической, технологической и экономиче-

ской изученности, при разработке и обосновании различных стадий проектных решений, в т.ч. при обосновании инвестиций.

Поскольку при обосновании инвестиций водоподготовка имеет весьма значительный удельный вес, то прогнозирование возможных изменений качества воды приобретает исключительно важное значение.

В действующей «Классификации...» 2007 г. [5] в отношении формулировок групп сложности и выделения 4 группы дополнительно к ранее выделяемым трем, использованы разработки АО «ГИДЭК» (2003 г.).

Формулировки групп сложности практически остались без изменения, как и возможность достижения в каждой группе определенных категорий изученности запасов на различных стадиях геологоразведочных работ и последующего использования полученных результатов. В то же время, были исключены формулировки целевого назначения, ранее установленные для каждой категории запасов в «Классификации...» 1997 г.

Требования к изученности и достоверности прогнозирования качества по категориям приведены в **таблице 1**.

Как видно из приведенных материалов, начиная с первой «Классификации...» 1950 г., во всех документах предъявляются требования к оценке соответствия качества питьевой воды нормативным требованиям. Требования к изученности качества и обоснованности прогноза его изменения различаются в зависимости от категории оцениваемых запасов. Смежные водоносные горизонты и поверхностные воды рассматриваются как возможные источники изменения качества воды в целевом водоносном горизонте.

При выделении трех групп сложности в 1970-х годах сложность гидрохимических условий являлась одним из трех основных критериев отнесения рассматриваемого месторождения к той или иной группе сложности.

Группа сложности определялась не только сложностью сложившейся гидрогеологической и водохозяйственной обстановки, но и возможностью и достоверностью прогнозирования ее изменений во времени.

Прогноз сохранения или изменений качества воды за расчетный период эксплуатации всегда являлся обязательной составляющей подсчета запасов подземных вод. Однако в большинстве случаев он имел сугубо формальный характер. Во многом это связано с тем, что критерии надежности и достоверности прогноза качества, по существу, отсутствуют, несмотря на формулировки в группах сложности и категориях запасов.

Видел ли кто-нибудь в отчетах авторскую оценку надежности прогноза качества? Напри-

мер, такая констатация – прогноз возможных изменений качества выполнен приближенно расчетным путем или по аналогии с эксплуатируемыми месторождениями. Нетрудно себе представить реакцию органов контроля (например, Ропотребнадзора) на такой прогноз.

Вне зависимости от сложности гидрохимических условий, и авторы нормативных документов, и разведчики подземных вод, при проведении прогнозных расчетов использовали, в основном:

- консервативные схемы движения некондиционных вод без учета преобразования физико-химических свойств подземных вод в процессе их движения к водозабору;

- балансовые формулы смешения подземных вод различного состава или подземных и поверхностных вод без учета изменения физических свойств и химического состава подземных вод в процессе миграции.

Несмотря на то, что уже с 1970-х годов велись достаточно серьезные исследования процессов изменения качества воды при взаимодействии воды и горных пород, изменении окислительно-восстановительного потенциала, процессов сорбции и десорбции различных элементов и т.п., их результаты практически не внедрялись в практику подсчета запасов.

При эксплуатации водозаборов это привело к многочисленным случаям несоответствия качества подземных вод предъявляемым требованиям, в то время как прогнозы были вполне благоприятны.

В настоящее время актуальность проблемы достоверности прогнозов качества при эксплуатации постоянно возрастает. Если в XX веке на первом месте были количественные вопросы подсчета запасов подземных вод, особенно при потребности в воде 500 л/сут на 1 человека, то при снижении этого норматива до 200 л/сут прогнозы качества постепенно выходят на первое место. Этому способствуют ужесточение требований к качеству, рост затрат на водоподготовку и утилизацию продуктов водоподготовки, например, после обратного осмоса.

Необходимо констатировать, что за последние 20 лет ситуация не улучшилась, проблема остается крайне острой. Прежде всего, это обусловлено тем, что, по-прежнему, при прогнозах качества не учитываются процессы физико-химических трансформаций состава подземных вод вследствие их взаимодействия с горными породами при движении воды к водозаборами.

В значительной степени это связано со сложностью математического описания этих процессов, а при наличии соответствующих программных средств – с крайней недостаточностью ин-

формации, необходимой для их характеристики и последующего учета в прогнозных расчетах. Между тем, только в одном случае в охарактеризованных выше нормативных документах было выдвинуто требование о достаточности информации для выполнения надежных прогнозов.

Достоверность прогнозирования уже на протяжении полувека определяется группой сложности месторождения. Чем сложнее условия, тем менее достоверен прогноз. Если сложность гидрохимических условий является одним из основополагающих критериев отнесения месторождения (участка недр) к той или иной группе сложности, то при ее квалификации именно достоверность прогноза качества должна быть решающим критерием.

Несмотря на это, в перечисленных ранее критериях групп сложности не раскрыто, в чем заключаются сложность естественной гидрохимической обстановки и возможность надежной количественной оценки сохранения или изменения качества в процессе эксплуатации.

Поэтому до сих пор основным критерием отнесения месторождения (участка) к той или иной группе по сложности гидрохимических условий является их естественная характеристика без учета физико-химических процессов, происходящих при движении подземных вод к водозаборами, приводящим к изменению их качества.

Роль этих процессов, проявляющаяся в существенных изменениях качества воды в сторону ухудшения, хорошо видна при изучении материалов эксплуатации крупных водозаборов, действующих десятки лет.

Характерным примером являются крупные инфильтрационные водозаборы, эксплуатирующие в долинах рек аллювиальный водоносный горизонт (Воронеж, Уфа, Новолипецкий МК и др.).

Несмотря на простые гидрогеологические условия в части возможности отбора требуемого количества воды, проблемы, связанные с изменением качества под влиянием изменения окислительно-восстановительного потенциала других процессов, приводят не только к значительным затратам на водоподготовку, но и к кольматации фильтров скважин, существенному снижению их проектного расхода, достигнутого при строительных откачках, и срока их эксплуатации.

Можно констатировать, что в таких условиях, месторождения подземных вод, всегда относимые к I группе, могут квалифицироваться не только по второй, но и по третьей группе сложности.

При этом нужно, безусловно, разделить квалификацию сложности гидрохимических условий на сложность природных (современных) гидрогеохимических условий и физико-химических процессов при эксплуатации.

В этой связи в качестве некоторого аналога можно привести выделенные Д.С.Соколовым в 1952 г. основные условия развития карста:

- наличие растворимых пород;
- пределы возможной растворимости пород в подземной воде,
- скорость движения подземных вод и время контакта воды и пород.

Итак, сложность гидрогеохимических условий определяется, прежде всего, сложностью процессов формирования качества подземных вод и его трансформации в процессе эксплуатации под влиянием физико-химических процессов взаимодействия воды и породы в условиях изменения скорости движения подземных вод и вектора его направления (структуры гидродинамической сетки).

Основные процессы, требующие учета:

- выщелачивание (растворение) из горных пород различных элементов и выделение из них приоритетных, определяющих соответствие качества подземных вод нормативным требованиям;
- сорбция и десорбция различных химических элементов, носящая избирательный характер;
- трансформация формы отдельных элементов под влиянием изменения окислительно-восстановительного потенциала;
- физико-химические процессы, происходящие в водоносном пласте, слабопроницаемых породах и на фильтрах водозаборных скважин.

Естественно, что изучить все эти процессы на каждом рассматриваемом объекте невозможно. Поэтому весьма большое значение будет иметь анализ материалов эксплуатации месторождений-аналогов с целью их использования для прогнозирования.

Таким образом, представления о сложности месторождений подземных вод требуют существенного изменения. На первое и главное место, определяющее отнесение к более высокой группе сложности, должна быть поставлена сложность процессов трансформации гидрогеохимических условий при эксплуатации, т.е. достоверность прогнозирования изменения качества воды. Отметим, что не всегда сложность природных (современных) гидрогеохимических условий и сложность процессов формирования качества при эксплуатации идентичны.

Объем информации, получаемый в настоящее время при геологическом изучении, разведке и эксплуатации подземных вод, совершенно недостаточен для описания перечисленных выше процессов и их учета при прогнозировании. Методика проведения геологоразведочных работ на всех стадиях должна быть переориентирована на получение необходимой информации, для чего требуются исследования состава

воды и пород, проведение комплекса специальных полевых работ.

Также требуются целенаправленные научные исследования для анализа условий формирования качества подземных вод и его трансформации в течение всего расчетного срока эксплуатации, в т.ч. при рассмотрении коротких (несколько месяцев) и длинных (несколько лет и даже десятков лет) интервалов времени.

Безусловно, надежность и достоверность прогнозирования качества воды существенно зависит от величины и схемы водоотбора. Поэтому количественные и качественные прогнозы между собой тесно связаны. Достоверный прогноз качества может быть сделан только на основе количественного гидродинамического прогноза и построения соответствующих ему гидродинамических сеток структуры водоотбора, в т.ч. при разной его величине.

Например, при прогнозных расчетах на одном из действующих инфильтрационных водозаборов в Центральной России был установлен следующий факт. При небольшом водоотборе решающий вклад в повышенное содержание нитратов имел поток загрязненных вод с городской территории. При росте водоотбора содержание нитратов снижалось за счет увеличения в балансе доли привлекаемых поверхностных вод.

Однако при этом существенно возрастало содержание железа, марганца и аммония за счет обогащения ими поверхностных вод при их фильтрации через донные илистые отложения. В дальнейшем, при снижении уровня ниже верха фильтра эксплуатационных скважин, попадании в воду кислорода воздуха и смене восстановительного потенциала на окислительный, происходило выпадение железа в осадок и кольматация фильтров.

Поэтому необходимо выполнять прогноз качества при разной величине водоотбора, например, при фактической добыче, текущей и перспективной потребности в воде.

В настоящее время практически любая вода (пример – морская) в процессе водоподготовки может быть доведена до нормативных требований к питьевой воде.

Однако возможность и целесообразность использования воды определяются в значительной степени стоимостью проектных решений по выбору технологии и технических средств водоподготовки. Не менее сложной и дорогостоящей задачей является утилизация продуктов водоподготовки, в т.ч. в глубокие горизонты недр.

В связи с этим в требования к методике геологоразведочных работ и составу отчетных материалов должны быть включены разделы по выбору и обоснованию основных технических решений по технологии водоподготовки и


утилизации остаточных концентраций, а также геолого-экономическая оценка месторождения.

Напомним, что в Советском Союзе при завершении геологоразведочных работ обязательным было заключение головной проектной организации (т.е. специализированного проектного института) о достаточности материалов для проектирования.

Представляется целесообразным при постановке работ формулировать предварительные требования к качеству природной подземной воды, ориентируясь на приемлемую стоимость доведения ее до кондиционных требований.

При дорогой водоподготовке существенно возрастает стоимость воды, что отражается

на высоких тарифах для населения и вызывает проблемы с ее реализацией, особенно на небольших сельских водозаборах, поскольку финансовые возможности населения крайне ограничены. Возникает необходимость дотации тарифов из бюджетов различных уровней, что также требует серьезного обоснования.

Эта ситуация еще раз подтверждает необходимость обеспечения достоверных прогнозов качества подземных вод в течение всего расчетного срока эксплуатации и необходимости обоснования водоподготовки, выбору основных технических решений и геолого-экономической оценки подсчитанных запасов подземных вод. 

Литература

1. Боровский Б.В., Боровский Л.В., Язвин Л.С. Основные принципы разработки новой «Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод» // Разведка и охрана недр. 2005. № 11.
2. Боровский Б.В., Язвин А.Л. Кондиционные и некондиционные питьевые и технические подземные воды. Проблемы изучения, назначения использования, нормативной базы. // Разведка и охрана недр. – 2012. - № 11, с. 18-26.
3. Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям пресных вод, 1976 г.
4. Методическое руководство по разведке и оценке эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения / Л.С. Язвин, Б.В. Боровский, В.Д. Гродзенский, М.П. Полканов. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1979.- 132 с.
5. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод (утв. приказом МПР России от 30.07.2007 № 195)
6. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. - М., 1983.- 11 с.
7. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. - М., 1997.- 16 с.
8. Классификация эксплуатационных запасов подземных вод, 1950 г.
9. Классификация эксплуатационных запасов подземных вод, 1960 г.

UDC 556.3:550.8:553.048

B.V. Borevsky, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, General Director, AO HYDEC¹, info@hydec.ru

A.L. Yazvin, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Geological Service, Chief Researcher, AO HYDEC¹, al yazvin@hydec.ru

¹ 10A Parkovaya street, Moscow, 105203, Russia.

RELIABILITY OF THE FORECAST OF THE QUALITY OF POTABLE GROUNDWATER AS THE BASIS FOR THE QUALIFICATION OF DEPOSITS BY COMPLEXITY GROUPS

Abstract: The qualification of potable groundwater deposits by the complexity of the conditions determines the methodology of their study and the possibility of development. According to the regulatory framework, the complexity of hydrogeochemical conditions is one of the criteria for identifying complexity groups, but in practice it occupies a subordinate place in relation to the criterion of filtration heterogeneity of water-bearing sediments. At present, due to stricter requirements for water quality and the development of water treatment methods, the complexity of hydrogeochemical conditions should be considered as a decisive factor in determining the complexity group of the studied deposit. As part of the indicators of the complexity of hydrogeochemical conditions, the main attention should focus on the reliability of forecasts of changes in water quality during the operation of water intakes.

Keywords: potable groundwater, subsoil use, reserves estimation, regulatory documents, prospecting and exploration, water supply, complexity of hydrogeochemical conditions, forecast of changes in groundwater quality.

**Нерадовский Л. Г.**

д.т.н., старший научный сотрудник
лаборатории инженерной геокриологии
ФГБУН «Институт мерзлотоведения
им. П.И. Мельникова» СО РАН
L031950N@ia.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД В КРИОЛИТОЗОНЕ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ И НА ТЕРРИТОРИИ Г. НЕРЮНГРИ

Сделан разномасштабный сравнительный анализ регионального и локального вероятностного распределения значений прочности песчаника – главного литотипа толщи осадочных пород в криолитозоне Южной Якутии и на территории её административного центра г. Нерюнгри. Установлено, что в сравнении с природными условиями Южной Якутии в городских антропогенно-техногенных условиях происходит почти одинаковый и существенный (в 2,5-3,0 раза) упорядоченный взаимно зависимый рост широты изменчивости со снижением величины прочности песчаника в основании инженерных сооружений. Несмотря на это в зоне термического покоя ниже горизонта выветривания и в слое годовых теплооборотов в сфере механического и теплового взаимодействия с инженерными сооружениями песчаники даже в прогнозируемом по лабораторным данным водонасыщенном состоянии сохраняют прочность достаточную для использования в качестве скального основания инженерных сооружений.

Ключевые слова: Южная Якутия; Нерюнгри; инженерные сооружения; скально-полускальные основания; осадочные породы; прочность; гистограммы и вариограммы; изменчивость; средние значения.

Известно, что прочностные и деформационные свойства составляют главный предмет научно-практических исследований в механике горных пород. В разных аспектах эти свойства изучаются в инженерной геологии, мерзлотоведении, грунтоведении, а также инженерной геофизике и геофизике криолитозоны. В области недропользования, которая так или иначе и в той или иной мере охватывает перечисленные науки, механические свойства горных пород важны тем, что участвуют в информационном сопровождении длительного процесса освоения месторождений полезных ископаемых. В этом процессе неразрывно переплетаются между собой задачи, связанные с количественной оценкой прочности скально-полускальных горных пород, используемых в качестве устойчивых и надёжных оснований инженерных сооружений разного назначения. Это и сооружения горнодобывающей и перерабатывающей промышленности (карьеры, подъездные пути, обогатительные фабрики и др.), и сооружения инфраструктуры населённых пунктов, расположенных в окрестности месторождений. Примером такого комплексного сочетания и жизненно важного подхода в прошлом веке является крупное месторождение угля в Южной Якутии и расположенный вблизи него город угольщиков – г. Нерюнгри.

В настоящей статье представлен очередной результат изучения вероятностной изменчивости значений прочности высокотемпературных мёрзлых осадочных пород в криолитозоне Южной Якутии. Цель статьи заключалась в разномасштабном сравнении законов и основных статистик изменчивости прочности. С одной стороны, объектом сравнения регионального масштаба предстают осадочные породы всей Южной Якутии, изученные геологическими работами на участках поиска и разведки месторождений угля. С другой стороны, объектом сравнения местного масштаба служат те же самые осадочные породы, детально изученные инженерно-геологическими изысканиями на территории административного центра Южной Якутии г. Нерюнгри.

Надеюсь, что результаты сравнительных исследований будут не только интересны, но и окажутся полезными читателям журнала для решения разноплановых вопросов недропользования. В частности, сложных вопросов развития производительных сил России в богатом земными недрами Южно-Якутском территориально-промышленном комплексе. Разумеется, с точки зрения информационного обеспечения, используя ранее неизвестное знание закономерностей и особенностей регионально-локальной вариации прочности высокотемпературных

мёрзлых осадочных пород. То есть тех площадных вариаций прочности, которые проявляют себя в разных природно-техногенных условиях применения осадочных пород в осваиваемом регионе Южной Якутии и его освоенной части на территории г. Нерюнгри.

Геологическая справка

Геология Южной Якутии планомерно изучалась в прошлом веке в течении многих десятков лет в ходе производства съёмочных и поисково-разведочных работ, которые централизованно выполняло по государственному плану развития минерально-сырьевой базы РСФСР Якутское геологическое управление (ЯГУ). Несмотря на очень большой объём геологических данных, полученных в Южной Якутии, они, как это и положено, засекречены и хранятся в виде технических отчётов в фондах ЯГУ под грифом «секретно» или «для служебного пользования». При такой особенности хранения геологического материала лишь незначительная его часть, разрозненная по участкам месторождений и съёмочным площадям, опубликована в виде статей в научно-технических журналах. Что касается регулярных публикаций в открытом доступе наиболее ценной для развития наук о Земле информации (систематизированных и обобщённых результатов научных исследований), то такая возможность, за редким исключением, исключена. Одним из таких исключений, не нарушающих правил секретности, предстаёт для современников нестареющая с годами монография, написанная в содружестве геологов ЯГУ и коллектива учёных МГУ им. М.В. Ломоносова под руководством В.А. Кудрявцева [9]. Эта работа имеет обзорный характер и до сих пор является настольной книгой исследователей, изучающих геологию и мерзлоту Южной Якутии. Ценность монографии МГУ заключена не только в её разностороннем содержании, но и в обобщённой констатации тех ненарушенных природных условий, которые существовали в 60–70-х годах XX в. перед началом промышленного освоения не отдельных месторождений и видов минерального сырья, а всей их совокупности (золота, угля, железа и др.) на территории Южной Якутии со строительством инженерных сооружений. Знание такого рода сведений чрезвычайно важно на начальном этапе решения разнообразных прогнозных задач мониторинга состояния осваиваемой природной среды.

По данным МГУ [9] криолитозона в Южной Якутии имеет прерывисто-островное распространение по площади. Мёрзлые породы имеют небольшую мощность равную 20-50 м и высокую среднегодовую фоновую температуру в нижней части слоя годовых теплооборотов равную – $(0,1 \div 0,5) ^\circ\text{C}$ на глубине 10-20 м. Тепловой

режим плоских водораздельных поверхностей Южной Якутии зависит от конвективного теплопереноса. В этом процессе движение воздуха и воды по тектоническим зонам дробления и системе трещиноватости увеличивает на этих участках мощность слоя годовых теплооборотов до максимальных значений 30-50 м. Зимой в этих зонах образуются лёд и снег.

На геологическое строение и формирование криолитозоны Южной Якутии сильное влияние оказал тектонический фактор [2]. В результате его влияния район исследований, включая г. Нерюнгри, отличается сложным инженерно-геокриологическим обликом. Главная его черта проявляется в неоднородности и динамичности мерзлотно-грунтовых условий в части значительной глубины сезонного летне-зимнего оттаивания-промерзания (порядка 3-6 м) с возможностью многократного перехода мерзлых пород в талое состояние, и наоборот.

Территория Южной Якутии сложена комплексом разных по возрасту, генезису и условиям залегания горных пород, включая интрузивные, метаморфические и осадочные образования. Наиболее распространена толща горизонтально или наклонно залегающих под разными углами осадочных пород, вмещающая в себя многочисленные пласты угля разной мощности. Среди осадочных пород доминируют песчаники. Алевриты и углистые аргиллиты занимают в осадочной толще подчинённое положение. По данным В.М. Желинского [4], изучавшего углевмещающие осадочные породы в Алдано-Чульманском районе, во всех стратиграфических свитах Южной Якутии преобладает песчаник (мелко-, средне- и крупнозернистый). Его доля изменяется от минимального значения 52,6 % в дурайской свите до максимального значения 86,5 % в ютинской свите. В нерюнгринской свите, пространственно близкой к г. Нерюнгри, доля преимущественно песчаника мелко- и среднезернистого составляет 78,7 %.

Участок площади, на которой построен г. Нерюнгри, представляет собой часть Чульманской впадины тектонической природы. На неё наложена Нерюнгринская синклиналь с пликативными дислокациями надвигов. В среднем течении р. Чульман, где расположен г. Нерюнгри, эти структуры выполнены осадочными породами горкитской свиты верхней юры и холодниканской свиты раннего мела. Осадочные породы сложены песчаниками с линзами конгломератов, алевритов, аргиллитов и углей и покрыты сплошным слоем делювиально-элювиальных отложений с супесчаным и реже, глинисто-песчаным заполнителем. По данным инженерно-геологических изысканий средняя мощность этого слоя равна 2-3 м.

По данным Южно-Якутского треста инженерно-строительных изысканий (ЮжЯкутТИСИЗ), полученных в г. Нерюнгри, начиная с 1973 г., пологонаклонная толща осадочных пород вскрыта бурением скважин до глубины 10-20 м и реже, до 30-50 м. Почти во всех скважинах колонкового бурения осадочные породы были представлены песчаниками разной прочности. Вероятность встречи прослоев или слоев алевритов, аргиллитов и угля составляла 18, 8, 29 % соответственно. Такая производственная статистика независимо подтверждает научные данные В.М. Желинского, расширяя региональные границы их достоверности вместе с объективностью и правомерностью применения к небольшому по размерам участку площади – г. Нерюнгри.

Прочность осадочных пород Южной Якутии

Изучение прочности пород в этом регионе Республики Саха (Якутия) выполнено только по одной лабораторной характеристике, которая наиболее широко и постоянно применяется в отечественном грунтоведении и зарубежной геотехнике при решении научно-производственных задач. Это – характеристика временного предела прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии образцов скально-полускальных грунтов (R_c). Стоит пояснить, что грунтами по ГОСТ 25100–2020 [6] принято называть любую горную породу, почву, осадки и техногенные минеральные образования, которые изучаются в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью. Проще говоря, те образования, которые используются в качестве оснований инженерных сооружений.

Образцами скально-полускальных грунтов служили монолиты осадочных пород, отобранные на разной глубине из керна геологоразведочных и изыскательских скважин. Значения R_c определялись по ГОСТ 21135.2–84 [5] в лаборатории Южно-Якутской геологоразведочной экспедиции (ЮЯГРЭ) и лаборатории ЮжЯкутТИСИЗ.

Изучение законов вероятностных распределений и основных статистик значений прочностной характеристики R_c выполнено с помощью лицензионной программы А.П. Кулаичева «Стадия» [7]. Фактическим материалом для вероятностно-статистического анализа служили значения характеристики R_c , заимствованные из монографии Н.Н. Гриба и А.В. Самохина [3, с. 143-172]. К сожалению, в Приложениях 1-5, в которых приведены эти значения, и по тексту самой монографии нет сведений о количестве и глубине отбора образцов пород из керна геологоразведочных скважин. Вероятнее всего, отбор был сделан ниже глубины залегания подошвы

слоя готовых теплооборотов. В криолитозоне Южной Якутии эта граница редко залегает на глубине более 20-50 м.

Тестовая проверка нулевой гипотезы была сделана по критериям Колмогорова, омега-квадрат и хи-квадрат в границах общей выборочной совокупности фактического материала, состоящего из 140 значений R_c трёх литотипов осадочных пород. Первый и второй литотипы представляют песчаники мелко-среднезернистые. К третьему литотипу относится алевролит. Других литотипов в работе Н.Н. Гриба и А.В. Самохина нет.

Результат строгого тестирования по независимым критериям показал, что вероятностная изменчивость значений R_c в Южно-Якутском каменноугольном бассейне, охватывающем всю Южную Якутию, подчиняется нормальному закону. В соответствии с этим фундаментальным законом теории вероятности и математической статистики, который нередко называется законом больших чисел, единичные значения R_c с почти равной вероятностью отклоняются от среднего значения в большую или меньшую сторону. Иллюстрация этой упорядоченной сбалансированной изменчивости показана на **рис. 1**. На этом рисунке наиболее вероятные (модальные) значения прочности равные 65,51 и 76,83 МПа, сосредоточены в области максимума гистограммы. Доля таких значений в выборочной совокупности максимальная и составляет 48,6 %. Доля групп, расположенных в правой и левой асимптотических частях гистограммы с максимальными (110,78-122,10 МПа) и минимальными (31,55 МПа) значениями, незначительна и составляет 4,3 и 1,4 МПа соответственно.

Статистика (**табл. 1**) удостоверяет в следующем. При изменчивости единичных значений R_c от 25,9 до 127,8 МПа средние показатели прочности осадочных пород (арифметическое, медианное и модальное) близки друг к другу и не выходят за границы диапазона 71,2-73,8 МПа. Интегральная пространственная изменчивость, оцененная по коэффициенту вариации, равна 25,4 %. При такой небольшой пространственной мере изменчивости почти в 70 % случаев (одно стандартное отклонение) значения R_c занимают интервал 54,2-91,2 МПа. Это означает, что с выборочной вероятностью около 70 % изученная геологоразведочными работами значительная часть площади Южной Якутии в границах распространения месторождений каменного угля сложена слабоизменчивыми по прочности осадочными породами. По строительной классификации [6] породы относятся к разновидности скальных прочных грунтов со значениями R_c от 50 до 120 МПа. Не будем забывать, что эти значения характеризуют прогнозную прочность осадочных пород при возможном сценарии их перехода из естественного высокотемпературного мёрзлого или воздушно-сухого состояния в талое водонасыщенное состояние под совокупным влиянием климатических, и антропогенно-техногенных факторов. В реальности прочность песчаников в естественном состоянии существенно выше. При необходимости оценки реальной прочности песчаника или иной осадочной породы в естественном состоянии рекомендуется пользоваться повышающими нормативными коэффициентами, приведёнными в СНиП 2.02.01-83 [8].

Таким образом, результаты статистического анализа дают повод сделать прогноз, что в



Рис. 1. Графики фактической гистограммы (1) и теоретической вариограммы закона нормального распределения значений прочности осадочных пород Южной Якутии. Объём выборки – 140 определений.

Таблица 1.
Прочность осадочных пород Южной Якутии

Описательная статистика	R _c , МПа
Среднее арифметическое значение (САР)	72,7
Среднее медианное значение	73,8
Среднее модальное значение	71,2
Стандартное отклонение	18,5
Коэффициент вариации, %	25,4
Минимальное значение	25,9
Максимальное значение	127,8
Кол-во определений	140
Уровень надежности САР (95,0 %)	3,1

процессе продолжающегося и нарастающего в современный период времени промышленного освоения месторождений Южной Якутии геологи-изыскатели в 7 из 10 случаев обнаружат прочные осадочные породы, а строители используют их, в качестве надёжных и устойчивых скальных оснований инженерных сооружений.

Посмотрим, как изменяется прочность между тремя основными литотипами осадочных пород Южной Якутии. Статистика результатов детального группового анализа (табл. 2) показывает, что максимальную прочность имеют песчаники мелкозернистые и среднезернистые (табличные коды 1 и 2) со средними значениями R_c равными 76,9-78,5 и 72,3-74,1 МПа соответственно. У алевролитов (табличный код 3) показатели средних значений R_c несколько ниже и составляют 63,2-66,6 МПа. При большей встречаемости в толще осадочных пород песчаников они и вносят основной вклад в повышение общих значений R_c. Пространственная широта изменчивости прочности у всех литотипов осадочных пород почти одинакова и по коэффициенту вариации не превышает 30 %. Также одинаков у всех литотипов осадочных пород и характер изменчивости по закону нормального вероятностного распределения. теоретические вариограммы этого распределения, аппроксимирующие фактические распределения, показаны на рис. 2. Во избежание загруженности и трудности понимания этого рисунка на нём не показаны гистограммы фактических распределений значений характеристики R_c.

Прочность осадочных пород г. Нерюнгри

Фактическим материалом для изучения изменчивости прочности осадочных пород, в которых доминирует литотип песчаника, послужила совокупность 218 лабораторных определений значений характеристики R_c, полученная в 70-90-х годах прошлого века. Прочностное опробо-

вание массива песчаника более-менее равномерно охватывало всю территорию г. Нерюнгри в пределах глубины изучения сферы механического и теплового взаимодействия массива песчаника с ленточным фундаментом инженерных сооружений, не выходя за нижнюю границу слоя годовых теплооборотов. Научно-практическая значимость этого слоя для решения научно-практических задач так велика, что один из основателей инженерной геофизики мерзлотовед А.Т. Акимов справедливо назвал этот слой «фабрикой криогенных процессов» [1]. При этом он указывал, что именно в этом слое в межгодовых циклах происходит перераспределение и выравнивание до нулевого баланса величины и направленности потоков тепловой энергии, приводя в конечном итоге к сохранению целостности криогенных систем и приспособлявая их термодинамику к постоянно изменяющимся внешним условиям.

После небольшого и необходимого экскурса вернёмся к теме исследования.

Большая часть мёрзлых монолитов песчаника, из которых изготавливались образцы для определений значений R_c, была отобрана из керна изыскательских скважин на глубине 10-20 м в относительно сохранном от действия процессов физического выветривания массиве песчаника. Существование этой важной прочностной границы установлено по данным метода вертикального электрического зондирования на постоянном токе и сейсмического метода преломленных волн, которые систематически применялись ЮжЯкутТИСИЗ при инженерно-геологических изысканиях г. Нерюнгри.

Результат изучения изменчивости прочности песчаника в основании инженерных сооружений г. Нерюнгри показан на рис. 3. В отличие от региональной изменчивости прочности песчаника, доминирующего в осадочных породах Южной Якутии, локальная изменчивость прочности аналогичного по возрасту и составу песча-

Таблица 2.
Прочность основных литотипов осадочных пород Южной Якутии

Описательная статистика	Код 1	Код 2	Код 3
Среднее арифметическое значение (САР)	76,9	73,8	63,2
Среднее медианное значение	77,6	74,1	66,6
Среднее модальное значение	78,5	72,3	66,3
Стандартное отклонение	17,7	18,8	16,4
Коэффициент вариации, %	23,0	25,5	26,0
Минимальное значение	41,5	43,4	25,9
Максимальное значение	127,8	124,3	95,1
Количество определений	55	54	31
Уровень надежности САР (95,0 %)	4,5	5,1	6,0

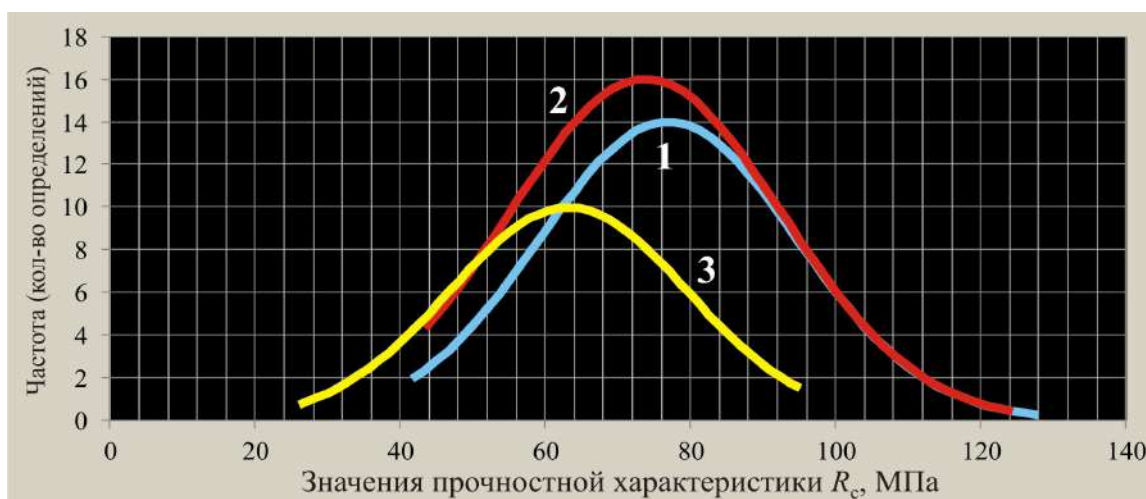


Рис. 2.
Сводный график теоретических вариограмм закона нормального вероятностного распределения значений прочности основных литотипов осадочных пород Южной Якутии: 1 – песчаник мелкозернистый; 2 – песчаник среднезернистый; 3 – алевролит. Объем выборки – 140 определений.

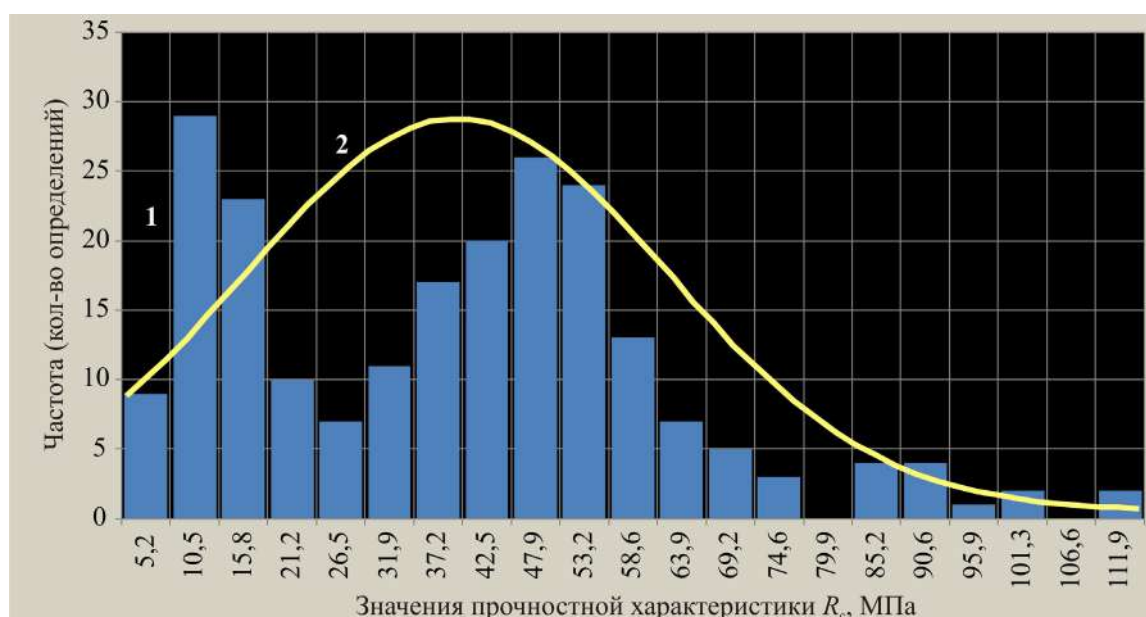


Рис. 3.
График фактической гистограммы (1) и аппроксимирующей теоретической вариограммы (2) закона нормального вероятностного распределения значений прочности массива песчаника в условиях г. Нерюнгри. Объем выборки – 218 определений.

Таблица 3.
Общая прочность песчаника г. Нерюнгри

Описательная статистика	R _c , МПа
Среднее арифметическое значение (САР)	39,1
Среднее медианное значение	40,7
Среднее модальное значение	13,2
Стандартное отклонение	23,3
Коэффициент вариации, %	59,6
Минимальное значение	2,5
Максимальное значение	114,6
Количество определений	218
Уровень надежности САР (95,0 %)	3,1

ника в городских условиях не подчиняется закону нормального вероятностного распределения и носит сложный мультимодальный характер.

Теоретически фоновая (общая средняя оценка по г. Нерюнгри) прочность массива песчаника в водонасыщенном состоянии, соответствующая максимуму вариограммы, составляет 37,2-42,5 МПа. При таких значениях характеристики R_c массив песчаника, в целом, всё ещё считается по ГОСТ 21135.2-84 [6] для решения проектно-строительных задач скальным основанием инженерных сооружений, но переходит из прочного состояния в состояние средней прочности (R_c < 50 МПа). Статистика реальной общей прочности массива песчаника представлена в **табл. 3**. Сильная изменчивость значений характеристики R_c по площади г. Нерюнгри указывает на прочностную неоднородность массива песчаника, состоящую из 3-х композиций, каждая из которых описывается законом нормального вероятностного распределения. Первая композиция с модой (максимумом гистограммы) 10,5-15,8 МПа соответствует группе малопрочного песчаника и отчасти песчаника средней прочности. Вторая композиция с модой 47,9-53,2 МПа соответствует группе песчаника средней прочности и отчасти прочного песчаника. Третья обособленная композиция расположена в правой части гистограммы (см. **рис. 3**). У неё нет чётко выраженной моды, но редкие значения R_c, распределённые в диапазоне 85,2-111,9 МПа, указывают, что природа этой группы, хотя и соответствует прочным песчаникам, но тяготеет к границе очень прочных песчаников (R_c > 120 МПа).

В соответствие со строительной классификацией скально-полускальных грунтов [6] был проведён детальный анализ изменчивости прочности массива песчаника на территории г. Нерюнгри. Статистика анализа представлена в **табл. 4**.

Содержание **табл. 3** показывает, что даже в прогнозируемых по лабораторным опытам предельно неблагоприятных условиях строительства и эксплуатации инженерных сооруже-

ний г. Нерюнгри, когда их основание находится в водонасыщенном состоянии, массив песчаника в таком состоянии представляет собой преимущественно скальный среднепрочный и прочный грунт со средними медианными значениями R_c равными 38,0 и 58,9 МПа. На долю малопрочного песчаника, но всё ещё скального грунта со средним медианным значением R_c равным 11,5 МПа приходится 21,1 %. Заметим, что применительно к данным табл. 3 с разными значениями всех показателей средних оценок непараметрическая медианная оценка среднего более корректна для ненормальных вероятностных распределений значений R_c. Графики распределений показаны на **рис. 4**. Они совершенно не похожи на свои композиционные аналоги (см. **рис. 3**), но это не должно вызывать недоумения и тем более, сомнения в достоверности представленных материалов.

Разница форм вероятностных распределений значений характеристики R_c объясняется разными задачами статистического анализа и соответственно им разными подходами к образованию рабочей выборки фактического материала. Как правило, на детальных стадиях статистического анализа разрушается закономерная общность и целостность вероятностной структуры изменчивости изучаемых характеристик (геолого-геофизических, социальных и др.). Взамен появляется ценная возможность обнаружить и понять тонкости вероятностной изменчивости в каком-либо предметном отношении и использовать их по назначению. В частности, по характеристике R_c с целью решения сугубо практических задач проектирования, промышленно-гражданского строительства и эксплуатации инженерных сооружений в г. Нерюнгри и его окрестности с близкими инженерно-геологическими условиями.

Сравнительный анализ

Анализ выполним с акцентом на две основные статистики. Это – интегральная изменчивость значений R_c песчаника по коэффициенту вариации и средняя медианная оценка этой

Таблица 4.

Прочность строительных разновидностей песчаника г. Нерюнгри

Описательная статистика	1	2	3
Среднее арифметическое значение (САР)	10,5	34,8	65,5
Среднее медианное значение	11,5	38,0	58,9
Среднее модальное значение	18,0	16,2	54,2
Стандартное отклонение	12,1	11,1	16,4
Коэффициент вариации, %	31,4	32,7	25,1
Минимальное значение	2,5	15,0	50,2
Максимальное значение	14,8	49	114,6
Количество определений	46	104	68
Уровень надежности САР (95,0 %)	0,98	2,17	4,01

Примечания: 1 – песчаник малой прочности и незначительная часть песчаника пониженной и низкой прочности; 2 – песчаник средней прочности; 3 – прочный песчаник.

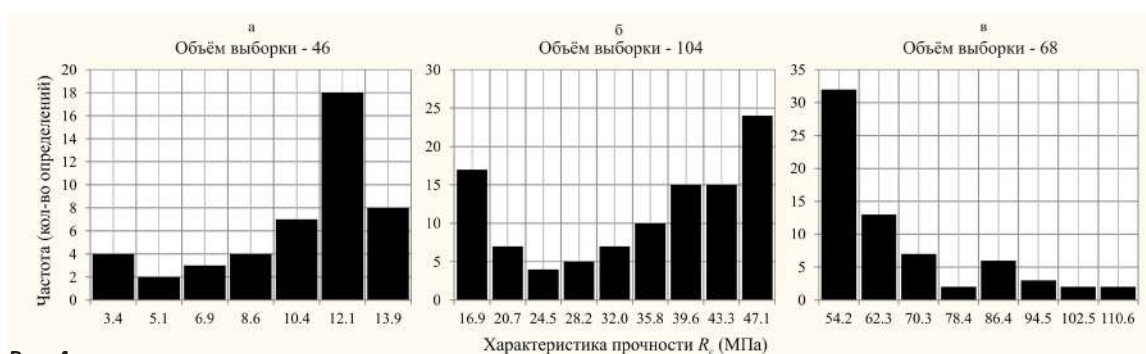


Рис. 4.

График гистограмм значений прочности массива малопрочного песчаника и частично песчаника пониженной и низкой прочности (а), песчаника средней прочности (б) и прочного песчаника (в) в г. Нерюнгри. Объем выборки – 218 определений.

характеристики, которая корректна для любого закона вероятностного распределения.

В сравнении с региональной природной изменчивостью прочности песчаника в толще мёрзлых осадочных пород криолитозоны Южной Якутии, равной 23,0-25,5 % (см. табл. 2), локальная смешанная (природная и антропогенно-техногенная) изменчивость прочности в основании инженерных сооружений г. Нерюнгри достигает 59,6 % (см. табл. 3). Относительная разница составляет 112,8-80,0 %.

Большая разница меры изменчивости прочности обусловлена неоднородностью состояния массива песчаника в слое годовых теплооборотов. В нём массив песчаника испытывает со стороны климата и инженерных сооружений сильные знакопеременные тепловые нагрузки наряду с природной выветренностью и непредсказуемой вариацией мощности мерзлоты и её температуры. Эти факторы в свою очередь инициируют такую же непредсказуемую, но более сильную изменчивость количества и состава глинисто-песчаного заполнителя вместе с льдистостью в блочно-ячеистой и трещинно-жильной структуре массива песчаника. Ниже области выветривания и в зоне термического покоя, расположенного ниже слоя годовых теплооборотов, песчаник Южной Якутии становится более предсказуемым в части прогноза изменчивости своей прочности.

Изменчивость по площади и глубине единичных значений R_c влияет и на средние её оценки. В природных условиях средняя прочность мелко-среднезернистого песчаника в толще осадочных пород составляет 74,1-77,6 МПа (см. табл. 2). В антропогенно-техногенных условиях г. Нерюнгри средняя прочность массива песчаника заметно меньше и равна 38,0-58,9 МПа (см. табл. 4). В первом случае песчаник классифицируется как прочный, а во втором случае как средней прочности и прочный. Однако в обоих случаях песчаник представляет собой скальный массив, благоприятный для строительства и эксплуатации инженерных сооружений в высокотемпературной прерывисто-островной криолитозоне Южной Якутии.

В структуре вероятностного распределения доля значений R_c равных 50-120 МПа и соответствующих разновидности прочного мелко-среднезернистого песчаника Южной Якутии составляет 89,0 %. Такие породы, если бы фундамент инженерных сооружений устанавливался на глубине их залегания в первые сотни метров, представляли бы собой в региональном плане однородное по небольшой площадной изменчивости монолитное консолидированное грунтовое основание.

В основании инженерных сооружений г. Нерюнгри доля прочного массива песчаника со значениями R_c равными 50-120 МПа и за-

легающего в слое годовых теплооборотов до глубины 10-20 м, составляет 31,2 %. То есть почти в три раза меньше в сравнении с прочным песчаником Южной Якутии за пределами городской застройки. В самой застройке преобладают песчаники средней прочности со значениями R_c равными 15-50 МПа. Их доля составляет 47,7 %. В меньшинстве остаются малопрочные песчаники (19,3 %) со значениями R_c равными 5-15 МПа и незначительная часть полускальных грунтов со значениями R_c меньше 5 МПа – песчаников пониженной и низкой прочности (около двух процентов).

Итог исследований

Сравнительный вероятностно-статистический анализ лабораторных значений прочностной характеристики R_c , сделанный в границах площади геологоразведочных работ по изучению каменноугольных месторождений Южной Якутии и на одном из многочисленных участков промышленного освоения этих месторождений вблизи г. Нерюнгри и его окрестности, обнаружил закономерность, которая проявляет себя

в высокотемпературном мёрзлом массиве песчаника – основном литотипе осадочной толщи пород Южной Якутии. Это – одинаково существенный (почти в 2,5-3,0 раза) рост широты пространственной изменчивости и снижение доли прочного песчаника в слое годовых теплооборотов до глубины 10-20 м в сфере интенсивного механического и теплового взаимодействия с инженерными сооружениями г. Нерюнгри.

Практическая ценность полученных результатов сравнительного анализа состоит прежде всего, в констатации факта сохранения даже в прогнозируемом по лабораторным данным водонасыщенном состоянии запаса прочности массива песчаника (в диапазоне 15-120 МПа) в природных незатронутых строительством условиях прерывисто-островной высокотемпературной криолитозоны Южной Якутии и в антропогенно-техногенных условиях на территории г. Нерюнгри с целью использования массива песчаника в качестве грунтового и преимущественно скального основания инженерных сооружений разного назначения. XXI

Литература

1. Акимов А.Т. Вопросы теории и практики электроразведки мёрзлых пород // Труды ПНИИИС Госстроя РСФСР, том VI. Геофизические методы исследований при изысканиях в строительстве. – Москва: Изд-во Госстроя СССР, 1971 – С. 6-73.
2. Булдович С.Н., Мелентьев В.С., Наумов М.С., Фурикевич О.С. Роль новейших разрывных нарушений в формировании мерзлотно-гидрогеологических условий (на примере Нерюнградской синклинали Южно-Якутского мезозойского прогиба) // Мерзлотные исследования. Москва: Изд-во МГУ, 1976, выпуск XV, с. 120-125.
3. Гриб Н.Н., А.В. Самохин. Физико-механические свойства углевмещающих пород Южно-Якутского бассейна. Новосибирск: Изд-во «Наука», 1999. – 240 с.
4. Желинский В.М. Мезозойская угленосная формация Южной Якутии. Новосибирск: Изд-во «Наука», 1980. – 119 с.
5. ГОСТ 21135.2–84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – 7 с.
6. ГОСТ 25100–2020. Грунты. Классификация. – Москва: Изд-во «Стандартинформ», 2020. – 38 с.
7. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. Москва: Изд-во «ФОРУМ: ИНФРА», 2006. – 512 с.
8. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР – Москва: Изд-во «Стройиздат», 1986. – 415 с.
9. Южная Якутия: мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района / под ред. В.А. Кудрявцева. – Москва: Изд-во МГУ, 1975. – 444 с.

UDC 552.08+552.513

L.G. Neradovskii, Senior Research Scientist, Laboratory of Engineering Geocryology Melnikov Permafrost Institute SB RAS, L031950N@ia.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STRENGTH OF SEDIMENTARY ROCKS IN THE PERMAFROST ZONE OF SOUTH YAKUTIA AND IN THE TERRITORY OF THE CITY OF NERYUNGRI

Abstract: A multi-scale comparative analysis of the regional and local probabilistic distribution of the strength values of sandstone, the main lithotype of the sedimentary rock mass in the permafrost zone of South Yakutia and on the territory of its administrative center, the city of Neryungri, has been made. It has been established that in comparison with the natural conditions of South Yakutia, in urban anthropogenic and technogenic conditions, there is an almost identical and significant (2.5-3.0 times) ordered mutually dependent increase in the latitude of variability with a decrease in the strength of sandstone at the base of engineering structures. Despite this, in the zone of thermal rest below the weathering horizon and in the layer of annual heat cycles in the field of mechanical and thermal interaction with engineering structures, sandstones, even in the water-saturated state predicted from laboratory data, retain strength sufficient to be used as a rocky foundation for engineering structures.

Keywords: South Yakutia; Neryungri; engineering structures; rocky-semi-rocky foundations; sedimentary rocks; strength; histograms and variograms; variability; average values.

*Кузнецкая проектная компания
поздравляет с Новым годом и Рождеством
партнеров, коллег, всех тех, кто занят в сложном
и благородном деле - недропользовании:
коллективы добывающих компаний,
работников Министерства природных
ресурсов и экологии Российской Федерации,
сотрудников Федерального агентства
по недропользованию «Роснедра», а также
коллектив журнала «Недропользование XXI век».*

*Новый год – это не только начало нового календаря,
это новые надежды, ожидания и новые победы.
Желаем, чтобы наступивший новый год
был полон перспектив, пусть каждый его день
станет насыщенным и плодотворным,
в жизни вас ждут большие свершения и победы,
в ваших семьях царят уют и благополучие.*

*С уважением,
генеральный директор ООО «КПК»
Поклонов Даниил Анатольевич*



Поздравляем вас

С НОВЫМ ГОДОМ И РОЖДЕСТВОМ!

От всей души желаем крепкого здоровья,
счастья, стабильности, успехов
и побольше положительных эмоций
в новом 2023 году!

Ваша команда

micromine

micromine.ru

Хроника законодательной работы

Принят закон, регулирующий порядок размещения отработанных промышленных вод после извлечения из них полезных компонентов

22 декабря Госдумой на завершающем пленарном заседании осенней сессии в окончательном третьем чтении приняты поправки в ФЗ «О недрах» и «Об отходах производства и потребления».



На фото:
Председатель комитета Д.Н. Кобылкин

Новый закон касается гидроминерального сырья, содержащего редкие и стратегически важные элементы – литий, магний, калий и другие, и позволяет сохранять их для последующей добычи по мере развития технологий и достижения рентабельности, за счет размещения отработанных промышленных вод в подземные горизонты. Также эта мера позволит избежать загрязнения земель солями, содержащимися в подземных водах. Помимо этого, принятый документ устанавливает порядок проведения государственного мониторинга состояния недр и даёт возможность использования подземных сооружений для размещения углекислого газа – это важно с точки зрения развития климатической повестки и повышения отдачи продуктивных пластов.

Ситуация с изливами кислых вод из заброшенных угольных шахт в Пермском крае не терпит отлагательств

25 января 2023 г. Комитет утвердил заключение на законопроект, призванный создать условия для системной работы по выявлению, исследованию, оценке и ликвидации объектов накопленного вреда, относящихся к публичной собственности или являющихся бесхозными.

Тема накопленного вреда для некоторых регионов стоит остро. На текущий момент ведется обследование и оценка влияния на окружающую среду и здоровье граждан порядка 200 объектов. Всего их около двух тысяч.

Данный законопроект подробно рассматривался на недавнем экспертном совете. Есть замечания и предложения в части его совершенствования, что связано с острой необходимостью ликвидации бесхозных шахт, отвалов. Также компании готовы за свой счет ликвидировать ущерб от объектов, расположенных на их территории, но пока нет для этого соответствующих прав.

На этом же экспертном совете была подробно рассмотрена сложная ситуация в Пермском крае, связанная с изливами кислых вод из заброшенных угольных шахт, где ПДК по некоторым элементам превышены в тысячи раз. Такое происходит уже много лет, под угрозой водозаборные зоны реки Кама, в бассейне которой живут миллионы человек.

По мнению Д.Н. Кобылкина: не важно, каким путем мы будем решать проблему в Пермском крае – распространять действие законопроекта на подобные объекты либо отдельными спецпроектами. Ситуация не терпит отлагательств, по масштабу и возможным последствиям она похожа на ту, что сложилась в свое время на заброшенном предприятии «Усольехимпром». В начале следующей недели будем знакомиться с текущей обстановкой на месте, в Пермском крае.

В своём выступлении на заседании Комитета представитель Минпромторга России проинформировал, что проблема в Кизеловском угольном бассейне взята на особый контроль: в настоящее время идет разработка дорожной карты, которую планируется в ближайшие два месяца отработать со всеми заинтересованными сторонами. Это позволит в итоге выработать комплексное решение, которое может затронуть и другие объекты накопленного вреда в стране.

Рассмотренный на заседании законопроект очень важен в ситуациях, подобных пермской. Но на данном этапе у Комитета к документу достаточно много замечаний – все они сформулированы в заключении. Следующий шаг – подготовка к первому чтению, заявил председатель Комитета Дмитрий Николаевич Кобылкин.

Законопроект о системе фонового мониторинга вечной мерзлоты требует доработки с участием научного сообщества

25 января одной из основных тем заседания Комитета стала подготовка к первому чтению законопроекта о системе мониторинга многолетней (вечной) мерзлоты. Ее состояние – один из ключевых вопросов ближайших лет, что объясняется ролью российской Арктики не только для нашей страны, но и всего мира. Мерзлота оказывает огромное влияние на деятельность человека, на создание и безаварийную эксплуатацию хозяйственной инфраструктуры. Растепление мерзлоты может внести существенные коррективы в деятельность наших северных субъектов и целых отраслей промышленности.

Задача мониторинга – своевременно фиксировать текущие изменения, анализировать их и способствовать оперативному принятию решений.

Законопроект подразумевает создание в период с 2023 по 2025 годы на существующих станциях Росгидромета 180 постов – это скважины глубиной до 30 метров с измерительным оборудованием и каналами связи с непрерывной автоматической фиксацией температуры мерзлоты на нескольких горизонтах. Также будет создан единый центр сбора и обработки с информационным ресурсом, доступным всем заинтересованным организациям. Запуск первой очереди будет осуществляться в рамках важного инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Принятие закона о системе фонового мониторинга вечной мерзлоты, безусловно станет важным шагом. Но сейчас документ требует доработки. Это новый опыт для нашей страны, поэтому на первоначальном этапе по-прежнему возникают вопросы, требующие участия многих сторон. И наука здесь должна идти впереди. При Минприроды России создана рабочая группа для обсуждения спорных моментов, многие предстоит урегулировать в нормативной базе.

В конце прошлого года на экспертном совете рассматривался данный законопроект. Представители северных регионов и научного сообщества высказывали озабоченность возможностью загрузки имеющихся данных в систему, проведении аналитики и построении прогнозов.

Тема непростая и вопросов действительно много – как по сбору и интеграции данных, так и по их анализу и субъектам предоставления. Уточнения требуют цели и задачи, которые ставятся перед системой, и ряд других направлений. Все это отражено в заключении Комитета, в котором предлагается поддержать законопроект с учетом замечаний, а Минприроды рекомендовать его доработку ко второму чтению с привлечением к этой работе научного сообщества – заявил председатель Комитета Дмитрий Николаевич Кобылкин. ❶

Материал подготовил специальный корреспондент журнала в Госдуме РФ С.Е. Матвейчук





Шац М. М.
канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник,
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова
mmshatz@mail.ru

ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ СЕРЕБРО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЕРХНЕ-МЕНКЕЧЕ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

Освещено состояние и перспективы добычи серебра Якутии. Охарактеризована история одного из крупнейших серебро-полиметаллического месторождения драгоценных металлов Верхне-Менкече и специфика реализации проекта его отработки. Рассмотрены природные и геоэкономические условия и ресурсы месторождения, а также основные факторы преобразования инженерно-геологической среды на территории проекта.

Ключевые слова: одно из крупнейших серебро-полиметаллическое месторождение драгоценных металлов Верхне-Менкече и специфика реализации проекта его отработки; основные факторы преобразования инженерно-геологической среды на территории проекта.

Добыча серебра – одна из основных отраслей Якутии по извлечению драгоценных металлов, по итогам 2020 года в республике произвели 78,1 тонну металла, что почти на 15% выше установленного плана. При этом отмечено снижение от рекордных показателей 2019 года, вызванное плановым завершением опытно-промышленной добычи на месторождении Верхне-Менкече.

Основной объём добычи серебра – 59,3 тонны обеспечила компания АО «Прогноз» в Кобяйском районе. Вместе с тем, перевыполнение плана 2020 г. связано с попутной добычей серебра золотодобывающими предприятиями: Нерюнгри-Металлик, ГРК «Рябиновый» ПАО «Селигдар», Полюс-Алдан и другими.

Основной объект публикации – серебро-полиметаллическое месторождение Верхне-

Менкече расположено на территории Томпонского района Республики Саха (Якутия) в 200 км восточнее посёлка Хандыга[16].

Уже при начальных исследованиях было установлено, что сырьё из Томпонского района, по своим свойствам существенно отличалось от руды с «Дуката» и других месторождений компании «Серебра Магадана». Сперва обогатители направляли измельчённый продукт на гравитацию, а затем доизмельчённые хвосты гравитации вовлекали во флотацию[6]. Это позволило снизить содержание свинца во флотоконцентрате. В целом технологи Омсукчанской фабрики, но которой обогащали концентрат, успешно справились с непростой задачей – поиском оптимального способа переработки непривычного и крайне непростого сырья.

Цель публикации заключается в освещении близкого к естественному состоянию природной

среды района месторождения, основных факторов преобразования геосистем на начальной стадии его отработки и главных последствий их воздействия. Статья предназначена для студентов и специалистов по комплексному освоению минеральных ресурсов.

Природные условия района месторождения

Современный рельеф основной орографической структуры – Верхоянского хребта предопределён, в первую очередь, расчленением тектонических поднятий, их эрозией и преобразованием интенсивными склоновыми процессами, углубляющимися весьма суровыми климатическими условиями [3-6]. Осевая часть Верхоянского водораздела характеризуется альпинотипным среднегорным рельефом с высотными отметками 1600-2200 м (рис.1). С севера и востока район низко- и среднегорного сглаженного рельефа ограничен крупными межгорными впадинами, разбитыми продольными разломами.

Климат рассматриваемой территории – резко континентальный, характеризующийся большими колебаниями температуры воздуха как внутри года, так и в течение суток [10,11]. Разность температур самого холодного и самого тёплого месяцев достигает 58-62 °С. Зимой рассматриваемая территория находится под преимущественным влиянием сибирского антициклона, обуславливающего повсюду устойчивую морозную погоду. Летом территория находится в основном в области низкого давления с высокими температурами воздуха в отдельные короткие периоды.

Сочетание природных условий определяет основные особенности гидрогеологического и мерзлотного режимов территории с глубоким промерзанием горных пород и формированием многолетнемерзлых пород (ММП), что в целом



Рис. 1.
Современные геосистемы района месторождения.
Фото М. И. Тянь

является неблагоприятным фактором при освоении мёрзлых толщ. ММП в районе изучены очень слабо, их мощность в горных районах подчиняется закономерности высотной поясности: она минимальна (190-280 м) в долинах крупных рек и возрастает на водоразделах пропорционально увеличению их абсолютных высот до 400 и более метров[3,4,13].

Температурный режим горных пород в слое годовых колебаний температур в естественных условиях характеризуется значительными амплитудами [12,13,14]. Минимальные значения температур зафиксированы в отложениях, слагающих высокую пойму местных водотоков, сложенную песками мелкими, пылеватыми, и составляют -8,1°С. Максимальные значения температур приурочены к отложениям I надпойменной террасы и составляют, соответственно, -6,4 °С. Нарушение естественных условий (уничтожение почвенного и растительного покрова) приводит к повышению значений температур в слое годовых колебаний на 1,5 °С.

Глубина сезонного протаивания зависит от тех же факторов, что и температурный режим горных пород. Наименьшие глубины формируются на участках с мохово-торфяным покровом и составляют 0,5-0,6 м, максимальные – на песках высоких пойм и составляют 1,0-1,2 м. Нарушение естественных условий приводит к увеличению глубины оттаивания на 30-50%[10,11].

Многолетнемерзлые грунты при оттаивании в результате освоения дают осадку, тем самым значительно осложняя всю хозяйственную деятельность. В процессе строительства и эксплуатации могут происходить неравномерные осадки грунта, как из-за оттаивания, так и из-за различной льдистости грунта. Это потребует проведения специальных мероприятий по уменьшению этих осадков и приспособлению конструкций сооружений к повышенным деформациям. Максимальная величина осадки для песка составляет 0,25 м, для крупнообломочных грунтов – 0,1 м.

Также необходимо отметить, что на площадке проектируемого объекта развиты погребённые льды плотные, мутные с примесью песка, супеси, гравия и гальки, редко чистые и прозрачные. Высокая льдистость горных пород обуславливает широкое развитие на участке месторождения геологических процессов и явлений, отрицательно влияющих на строительство. Особо следует отметить пучение, одной из разновидностей которого является площадное сезонное поднятие поверхностного слоя рыхлых грунтов в процессе их промерзания. Начало подобного пучения приходится на середину – конец ноября и продолжается в течение всей зимы с максимальной интенсивностью с января по март[10,11].

Наибольшая величина пучения наблюдается на переувлажнённых участках – преимущественно локальных понижениях рельефа, где существуют оптимальные условия для его развития. На переувлажнённых участках в текучих, текучепластичных глинистых грунтах пучение грунтов может достигать 30-50 см. К участкам с минимальной величиной пучения (до 1-2 см) относятся интервалы, сложенные песчаными грунтами с влажностью 15-25%. Существуют различные способы борьбы с воздействием морозного пучения на хозяйственные объекты: – рациональный выбор мест сооружения объектов;

- предупреждение промерзания основания или сохранение его в постоянно мёрзлом состоянии;
- уплотнение или осушение грунтов оснований;
- предотвращение смерзания фундаментов с грунтом (применение засыпок, прокладок, обсадки и т.д.);
- замена пучинистых грунтов в основании на неподверженные морозному пучению.

Ещё одним широко развитым криогенным процессом является курумообразование, приводящее к формированию огромных скоплений крупных обломков горных пород, чаще в виде глыб [10,11]. Курумы как бы являются продолжением осыпных участков склонов в местах их выколаживания. Как правило, курумы приурочены к днищам небольших логов или ложбин по склону (рис.2) и в основном распространены в их нижней трети.

Более быстрое перемещение курумов может произойти в результате сейсмических колебаний, ведущих к нарушению равновесия глыбового материала на склоне, гидродинамического воздействия потоков поверхностных и грунтовых вод, интенсивного оттаивания подстилающих сильно льдистых грунтов [10,11]. Курумы являются фактором, осложняющим инженерно-геологическую обстановку. Наиболее опасны курумы, скорость движения которых составляет более 1,5-2,0 см/в год и со льдогрунтовым основанием.



Рис. 2.
Курум на пологом склоне в районе месторождения.
Фото И.В.Дорофеева

Необходимо учитывать возможность его оттаивания в результате освоения территории, это повлечёт за собой значительные неравномерные осадки, катастрофические подвижки обломочного материала и нарушит различные объекты.

История месторождения и реализации проекта

23 июня 2007 года на совместном совещании делегации Минэкономразвития РФ и правительства РС (Я) в Якутске был представлен инвестиционный проект развития Томпонского горнопромышленного района, в который вошёл и проект освоения Верхне-Менкеченского серебро-полиметаллического месторождения. Стоимость проекта оценивалась в 8 млрд рублей. Об этом рассказал информационный портал SakhaNews 24 июня 2007 года. [9,12].

В 2013 году ООО «Инфопроф» подготовило ТЭО временных разведочных кондиций для подсчёта запасов месторождения Верхне-Менкече (на условиях подряда для компании «ГеоПроМайнингВерхнеМенкече»).

В марте 2014 года Государственная Комиссия Запасов (ГКЗ) утвердила балансовые запасы месторождения Верхне-Менкече. [3; 12].

В 2014 году проектный институт «Шанэко» разработал проект «Опытно-промышленной разработки (ОПР) подземным способом в составе проекта геологического доизучения месторождения Верхне-Менкече на 2013-2016 гг.».

В феврале 2017 года горнодобывающая «GeoProMining» (ООО «ГеоПроМайнинг», GPM) провела общественные слушания по проекту разработки серебро-полиметаллического месторождения Верхне-Менкече в Томпонском районе Якутии. Управляющий директор ОАО «Сарылах-Сурьма» (входит в GPM) Александр Копяков сообщил «Интерфаксу»: «... реализуется проект опытно-промышленной отработки, но не добычи. Он утверждён, прошёл все согласования в московских органах и геологических. Вопрос по добыче остаётся открытым». [9,16].

В 2017 году компания «ГеоПроМайнингВерхнеМенкече» приступила к опытно-промышленной добыче серебра на месторождении Верхне-Менкече. Переработка руды велась на ЗИФ «Серебро Магадана» (входит в состав «Полиметалл») (рис.3).

6 декабря 2018 года проект строительства обогатительной фабрики по переработке серебро-полиметаллической руды на месторождении Верхне-Менкече в Республике Саха (Якутия) одобрили эксперты Красноярского филиала Главгосэкспертизы России.

С 2019 года производство серебра осуществляет АО «Прогноз» (дочернее предприятие канадской Silver Bear Resources Plc) в Кобяйском

районе. В первом квартале предприятие выпустило 457,46 тыс. унций серебра при годовом плане по добыче серебра 68,1 тонн.

Горно-геологические условия и ресурсы месторождения

По минеральному составу руды месторождения относятся к серебро-полиметаллическому типу. Рудные минералы представлены галенитом, сфалеритом, пиритом, сульфосолями, пруститом. Характер минерализации: жилы, линзы, просечки и вкрапленность. Основными рудовмещающими структурами являются зоны дробления с кварц-сульфидной минерализацией. Из нерудных преобладает кварц (30-40%), карбонаты (до 10%) и углистое вещество. На долю нерудных структур приходится 70-80%. [1,2,16].

Запасы по степени изученности

Государственным балансом РФ учитываются запасы для подземной отработки серебряных руд в количестве. [1,2,16]:

серебро (По состоянию на 1 января 2018 г.)

- категория С1: руда – 530 тыс. тонн (ср. содержание – 315,6604 г/т), серебро – 167,3 тонны,
- категория С2: руда – 2254 тыс. тонн, серебро – 1 271,3 тонны,
- забалансовые: руда – 406 тыс. тонн, серебро – 34,2 тонны;

По информации Polymetal, руду с Верхне-Менкече сейчас перерабатывает АО «Серебро Магадана» (входит в Polymetal), в этом году предприятие переработает 45 тысяч тонн руды. Руда – сульфидная, легкообогащаемая, с высоким содержанием серебра (от 900 до 1600 г/т), свинца и цинка (рис. 4).

Очередным этапом освоения серебро-полиметаллического месторождения Верхне-Менкече станет строительство нового подземного рудника, где будет добываться до 330 тыс. тонн руды в год [14]. Проектную документацию и результаты инженерных изысканий объекта рассмотрели и утвердили в Главгосэкспертизе России. В рамках проектной документации на месторождении построят подземный рудник и объекты поверхности, непосредственно связанные с технологией ведения подземных горных работ. Добытая руда будет перерабатываться на собственной обогатительной фабрике, работающей по гравитационно-флотационной технологии переработки.

Поверхностный комплекс запроектирован с учётом технологических решений подземных горных работ, результатов инженерно-геологических изысканий и водоохранных зон водных объектов [1,6,12,16]. При проектировании промплощадки рудника были учтены характер рельефа местности и связанные с ним опасные природные явления – сели и лавины. Проектными решениями предусмотрены



Рис. 3. Серебро месторождения Верхне-Менкече [1]



Рис. 4. Погрузка горной массы на начальной стадии освоения месторождения. 2017 г. Фото Р.И.Головатого

сооружения инженерной защиты территории проектируемых объектов на поверхности, а также мероприятия по снижению негативного воздействия опасных явлений до минимума.

Для обеспечения безопасности ведения подземных горных работ в условиях риска проникновения дренажных вод в выработанное пространство, при выемке запасов рудника подземным способом под ручьём Менкече будут оставлять временный предохранительный рудный целик.

По итогам первого полугодия 2020 г. в республике добыто 50,5 тонн серебра, сообщает Минпром Якутии, что в полтора раза превышает результат предыдущего года.

Основные факторы преобразования инженерно-геологической среды на территории месторождения

Основной причиной ухудшения инженерно-геокриологических условий территории в процессе освоения является его отепляющий эффект, вызванный рубкой деревьев и корчёвкой пней в пределах площадок строительства с нарушением дернового покрова, приводящий к образованию промоин и оврагов на склонах. Нарушение дернового покрова в пониженных местах приводит к нарушению терморегуляции в пределах деятельного слоя и связано с повышенным снегонакоплением. В аномально тёплые и многоснежные зимы последних


лет повышенные снегонакопления в понижениях рельефа оказывает отепляющее влияние на верхний горизонт ММП. Поэтому в период проведения строительных работ рекомендуется минимизировать нарушения дернового покрова, во избежание развития эрозионных процессов, приводящих к образованию промоин и росту оврагов.

На современном этапе освоения уровень воздействия на природную среду невысок [7,8]. Основные факторы – изыскательские работы, которые важно производить строго в пределах отведённого разрешением участков и инженерно-геологические работы, как и прочие производственные виды деятельности человека, наносят вред окружающей среде. При производстве работ необходимо выполнять все действующие положения [7,8] по охране недр, окружающей среды, охране атмосферного воздуха, о животном мире, об отходах производства и потребления, правила пожарной безопасности и т.д. После завершения буровых работ все выработки ликвидируются путём обратной засыпки с трамбовкой. Воздействие на окружающую среду в период проведения инженерных изысканий будет носить временный характер, ограниченный сроками изысканий.

Заключение

В Якутии на серебро-полиметаллическом месторождении Верхне-Менкече готовятся построить новый подземный рудник, где будет добываться до 330 тыс. тонн руды в год. Проектную документацию и результаты инженерных изысканий объекта рассмотрели в Главгосэкспертизе России.

Решениями предусматривается отработка балансовых запасов месторождения Верхне-Менкече подземным рудником в период с 2021 по 2037 год на существующих горизонтах, а также вскрытие и отработка запасов на проектируемых производителями, технологии апробированы на действующих предприятиях. Для обеспечения безопасности ведения подземных горных работ в условиях риска проникновения дренажных вод в выработанное пространство, при выемке запасов рудника подземным способом под ручьём Менкече будут оставлять временный предохранительный рудный целик.

Реализация перечисленных природоохранных и компенсирующих мероприятий позволит при освоении месторождения предотвратить серьёзные технологические осложнения и избежать значительные экономические потери. 

Литература

1. Верхне-Менкече, месторождение // Кадмий. Свинец. Серебро. Цинк. Электронный ресурс. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_place?obj=f2f5e2370b07304ef3b5b8e49138fee0 Источник:<https://nedradv.ru>. Дата обращения: 23.06.2022.
2. В Якутии извлекли 39 тонн серебра за полгода. Электронный ресурс. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/page_news?obj=681600e66fb8552de7a7065610b24a2. Источник:<https://nedradv.ru/nedradv/ru/11> августа 2020
3. Геоэкология СССР. Средняя Сибирь. – М.: «Недра», 1989, - 414 с.
4. Геология СССР, том XVIII, Западная часть Якутской АССР. Часть 1. Геологическое описание. Книга 1. Коллектив авторов. М., изд-во «Недра», 1970, 536 с.
5. Гидрогеология СССР. Том XX. Якутская АССР / Толстихин О.Н., Пигузова В.М., Анисимова Н.П. и др. – М.: Недра, 1970. – 383 с.
6. «Геопромайнинг Верхне-Менкече» построит обогатительную фабрику в Якутии. Электронный ресурс. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/page_news?obj=b9e9ffdd24a62bce3a959eed51ba0324. Источник:<https://nedradv.ru/nedradv/ru> Дата обращения: 06 декабря 2018.
7. ГОСТ 17.2.1.03-84 «Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения»;
8. ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения»;
9. Катюжан Л.Л. Минералогический музей ГБУ РС(Я). Электронный ресурс. URL: <http://ggt-khandyga.narod.ru/muzey/diamonds.html>. Источник: Горно-геологический техникум. Дата обращения: 12.05.2019.
10. Мерзлые ландшафты Якутии. Пояснительная записка к Мерзлотно-Ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1 : 2 500 000 / Новосибирск: ГУГК, 1989. – 170 с.
11. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1 : 2 500 000 / Новосибирск: ГУГК, 1991. – 2 л.
12. На месторождении Верхне-Менкече в Якутии построят новый рудник... Электронный ресурс. URL: <http://www.ginfors.ru/geonews/sakhanews/212-ooo-geopromayning-verhne-menkeche-namereno-postroit-na-mestorozhdenii-verhne-menkeche-v-yakutii-obogatitelnyuy-fabriku-moschnostyu-300-tysyach-tonn-serebro-polimetallicheskoy-rudy-v-god.html>. Источник: <http://www.ginfors.ru>. Дата обращения :29.06.2022
13. Некрасов И.А., Максимов Е.В., Климовский И.В. Последнее оледенение и криолитозона Южного Верхоянья. – Якутск: Якутское кн. изд-во, 1973. – 150 с.
14. Теплофизические исследования криолитозоны Сибири / Балобаев В.Т., Павлов А.В., Перльштейн Г.З. и др. – Новосибирск: Наука, 1983. 365 с.
15. Шац М.М., Галкин А.Ф. База данных №0220409730 «Опасные и потенциально опасные геотехнические объекты алмазной провинции РС(Я)». Электронная база данных. Государственный регистр баз данных РФ. Свидетельство №9045 от 03.06.2004, 94,4 Мв, 6 печ. л.
16. 78,1 тонны серебра добыли в Якутии по итогам 2020 года. Электронный ресурс. URL: <https://www.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3258053https://minprom.sakha.gov.ru>. Источник: minprom.sakha.gov.ru. Дата обращения: 16.04.2022.

UDC 550.98

M.M. Shatz, cand. geogr. Sci., Leading Researcher, P. I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, mmshatz@mail.ru

GEOECONOMICAL CONDITIONS OF THE INITIAL STAGE OF DEVELOPMENT OF THE SILVER-POLYMETALLIC DEPOSIT UPPER-MENKECHE (NORTH-EASTERN YAKUTIA)

Abstract: The state and prospects of silver mining in Yakutia are highlighted. The history of one of the largest silver-polymetallic deposits of precious metals Verkhne-Menkeche and the specifics of the implementation of the project for its development are characterized. Considered geoeconomical conditions and resources of the deposit, as well as the main factors in the transformation of the engineering and geological environment in the project area.

Keywords: one of the largest silver-polymetallic deposits of precious metals Verkhne-Menkeche and the specifics of the implementation of the project for its development, the main factors of transformation of the engineering-geological environment in the project area.



Поликова И.Н.
Доцент, Кандидат технических наук по специальности «Гидрогеология»
Член Международной Ассоциации Гидрогеологов
z_irpol1@mail.ru



Ахметшин Р.З.
кандидат физ.-мат. наук
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Научный сотрудник
axmetro@yandex.ru



Савец Т.Н.
Средне-Волжское территориальное отделение ФГКУ «Росгеолэкспертиза»
заместитель начальника отделения
tatianasaevets@yandex.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТАЦИОНАРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НЕОДНОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕНОСНОГО БАССЕЙНА ПЕРМСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Основная трудность при создании модели фильтрации неоднородной жидкости связана со сложным видом основного уравнения, описывающего этот процесс. Необходимо принимать во внимание не только свойства жидкости, обуславливающие ее неоднородность, но и глубину залегания с учетом формы поверхностей моделируемых горизонтов. Такая постановка задачи позволяет воспроизвести непотенциальный характер течения, и при визуализации процесса в качестве результата моделирования получить не только искомую функцию давления, а также направление и величину латеральных и вертикальных скоростей. Проводится сопоставление моделируемых давлений с решением задачи фильтрации в классической постановке. Математические модели фильтрации неоднородных жидкостей на базе системы программного обеспечения «АкваСофт» позволяют использовать широкие возможности для математического эксперимента и значительно увеличивает информационную емкость, необходимую при изучении реальных процессов по сравнению общепринятой практикой построения геологических карт.

Ключевые слова: математическая модель фильтрации, неоднородная жидкость, глубокие горизонты.

Классические уравнения динамики подземных вод, на основании которых разработана методика моделирования геофильтрации напорно-безнапорного потока подземных вод, справедливы только для верхней зоны активного водообмена. Особенностью динамики процесса фильтрации однородных подземных вод является потенциальный характер течения, когда в соответствии с законом Дарси скорость потока пропорциональна градиенту функции напора:

$$v = k \frac{\partial H}{\partial l}$$

Соответствующие плановые и вертикальные скорости фильтрации находятся в диапазоне (0,001÷50) м/сут.

Для более высоких скоростей необходимо использовать уравнения гидравлики, а для более низких значений, приуроченных к глубоким горизонтам бассейнов подземных вод, имеет место «гравитационный режим течения», по терминологии нефтяной гидрогеологии [1], [2].

Подавляющая часть нефтегазоносных месторождений, а также значительная доля минеральных и термальных вод связаны с глубокими горизонтами артезианских бассейнов. Кроме того, они также используются в качестве коллекторов для захоронения промышленных отходов.

Изучение динамики потока подземных вод в глубоких горизонтах требует усложнения постановки задачи, обусловленной влиянием минерализации, температуры и давления на плотность и вязкость жидкости.

Расчеты динамики подземных вод, плотность и вязкость которых зависят от их давления, химического состава и температуры, основываются на обобщенном законе Дарси для объемной скорости фильтрации [1]:

$$V_L = -\frac{K_L}{\eta} \left(\frac{\partial P}{\partial L} - \rho g \right) \quad (1)$$

где V_L – составляющая объемной скорости фильтрации в направлении L ,

K_L – коэффициент проницаемости пород в направлении L ,

η – динамическая вязкость подземных вод,
 P – давление в пределах мощности горизонта,
 ρ – плотность подземных вод,
 g – ускорение свободного падения.

Неоднородность подземных вод по плотности и вязкости оказывает существенное влияние на условия формирования потоков в глубоких горизонтах, и только учет всей сложности постановки задачи может дать относительно реальное представление об исследуемом процессе.

Математическое описание стационарного процесса фильтрации неоднородной жидкости

Для описания процесса фильтрации неоднородных подземных вод в многопластовой системе по расчетной схеме водоносных горизонтов, разделенных слабопроницаемыми слоями, вводится квазиортогональная система координат $X_n OY_n$, которая формируется путем проецирования ортогональной системы координат XOY на «срединную» поверхность Z_n , расположенную внутри толщи рассматриваемого горизонта:

$$Z_n = \frac{Z_m + Z_{bn}}{2}$$

где Z_{tn} – высота кровли горизонта n ,

Z_{bn} – высота подошвы горизонта n .

Для моделирования планово-вертикальной фильтрации в реальной системе трехмерных потоков подземных вод принимается приближение, когда в водоносном горизонте рассматривается только плановая фильтрация, в разделяющем слабопроницаемом слое – только вертикальная.

Процесс напорной стационарной геофильтрации неоднородных подземных вод в многопластовой системе в рассмотренной выше системе координат описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, которая в простейшем случае имеет вид [3]: (2)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x_n} \left(\frac{k_{xn} M_n \rho_n}{\eta_n} \left(\frac{\partial P_n}{\partial x_n} - \rho_n g \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y_n} \left(\frac{k_{yn} M_n \rho_n}{\eta_n} \left(\frac{\partial P_n}{\partial y_n} - \rho_n g \right) \right) + \\ & + \frac{k_{zn} \rho_{zn}}{\eta_{zn} m_{zn}} (P_{n+1} - P_n - \rho_{zn} g m_{zn}) + \frac{k_{zn-1} \rho_{zn-1}}{\eta_{zn-1} m_{zn-1}} (P_{n-1} - P_n - \rho_{zn-1} g m_{zn-1}) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

где x_n, y_n – координаты точки области на поверхности Z_n ;

P_n – искомое давление подземных вод в горизонте;

ρ_n – искомая или известная плотность подземных вод в горизонте;

k_{xn} – проницаемость горизонта в направлении оси OX_n ;

k_{yn} – проницаемость горизонта в направлении оси OY_n ;

m_n – мощность водоносного горизонта;

g – ускорение свободного падения;

ρ_{zn}, ρ_{zn-1} – плотность подземных вод в разделяющем слое;

k_{zn}, k_{zn-1} – вертикальная проницаемость разделяющего слоя;

η_{zn}, η_{zn-1} – динамическая вязкость подземных вод в разделяющем слое;

m_{zn}, m_{zn-1} – мощность слабопроницаемого разделяющего слоя.

Дискретизация моделируемой области на элементарные блоки необходима для численного решения уравнения методом конечных разностей. Алгоритм методики предполагает усреднение параметров в пределах каждого блока.

Кроме того, для реализации алгоритма численного решения уравнения (2) принимается приближение о линейном изменении величины параметров в пределах мощности разделяющего слоя от значений на подошве вышележащего горизонта до значений на кровле нижележащего горизонта, и для разделяющих слабопроницаемых слоев принимаются среднеарифметические значения всех параметров. Все усредненные параметры, а также начальные и граничные условия при создании конечно-разностной схемы локализуются в узловых точках слоя сеточной области с целочисленными координатами (i,j,n) вдоль осей (X,Y,Z).

Алгоритм численного решения задачи фильтрации неоднородной жидкости, впервые описанный в диссертации [4], использует аналитическое уравнение зависимости плотности жидкости от давления, минерализации и температуры [5]:

$$\rho = \rho_0(1 - \rho_T(T - T_0) + \rho_C(C - C_0)) \exp(\rho_P(P - P_0)) \quad (4)$$

ρ – плотность подземных вод при температуре T, минерализации C и давлении P,

ρ_0 – плотность подземных вод при температуре T₀, минерализации C₀ и давлении P₀,

ρ_T, ρ_C, ρ_P – известные коэффициенты уравнений состояния.

Температура рассчитывалась по эмпирической формуле

$$T^o = 4,6 + 0,143 (H_n^{surf} - H_n^{top})$$

H_n^{surf} – абсолютная отметка дневной поверхности, H_n^{top} – абсолютная отметка кровли горизонта n.

$P_n(x,y,z)$ – искомая функция описываемого процесса не является потенциальной функцией, градиент которой равен скорости фильтрации, поэтому результатом каждого варианта моделирования процесса стационарной фильтрации неоднородной жидкости является не только поле давлений, но и поле плановых и вертикальных скоростей потока для каждого слоя моделируемой области:

$$\begin{aligned} V_{xn}(x,y,z) &= \frac{\kappa_{xn}(x,y,z)}{\eta_n(x,y,z)} \left(\frac{P_n(x+\Delta x,y,z) - P_n(x,y,z)}{\Delta x} - \rho_n(x,y,z)g \frac{(Z_n(x+\Delta x,y,z) - Z_n(x,y,z))}{\Delta x} \right) \\ V_{yn}(x,y,z) &= \frac{\kappa_{yn}(x,y,z)}{\eta_n(x,y,z)} \left(\frac{P_n(x,y+\Delta y,z) - P_n(x,y,z)}{\Delta y} - \rho_n(x,y,z)g \frac{(Z_n(x,y+\Delta y,z) - Z_n(x,y,z))}{\Delta y} \right); \\ V_{zn}(x,y,z) &= \frac{\kappa_z(x,y,z)}{\eta_{zn}(x,y,z)m'_n(x,y,z)} (P_{n+1}(x,y,z) - P_n(x,y,z)) - \rho'_n(x,y,z)m'_n(x,y,z)F'_{zn}(x,y,z), \end{aligned} \quad (3)$$

где $Z_n(x,y,z)$ – положение срединной поверхности n водоносного горизонта;

$m'_n(x,y,z)$ – мощность разделяющего слоя,

$K_z(x,y,z)$ – коэффициент вертикальной фильтрации разделяющего слоя,

$Z'_n(x,y,z)$ – срединная поверхность слабопроницаемого слоя.

$F'_{zn}(x,y,z)$ – направляющий косинус, определяемый по формуле:

$$F'_{zn} = \left(1 - \left(\frac{Z'_n(x+\Delta x,y,z) - Z'_n(x,y,z)}{2\Delta x} \right)^2 + \left(\frac{Z'_n(x,y+\Delta y,z) - Z'_n(x,y,z)}{2\Delta y} \right)^2 \right)^{1/2}$$

Ниже приводятся примеры моделирования процессов в многопластовой системе неоднородных подземных вод в зоне затруднённого водообмена для условий Пермского Предуралья.

Особенности геологического строения. Расчетная схема модели

В структурно-тектоническом отношении моделируемая область находится в зоне сочленения восточной части Волго-Уральской антеклизы и Предуральского краевого прогиба. По действующей схеме гидрогеологического районирования Российской Федерации структур I порядка изучаемая территория относится к Восточно-Европейскому сложному артезианскому бассейну и Уральской сложной гидрогеологической складчатой области, в составе структур II порядка, соответственно, относится к Предуральскому предгорному артезианскому бассейну, граничащему с западной стороны с Западно-Уральским гидрогеологическим массивом.

Структурно-тектонические условия и особенности геологического строения гидрогеологических структур I (II) порядка определяют сложные гидродинамические условия. Предуральский артезианский бассейн содержит порово-пластовые, трещинно-пластовые и трещинно-карстово-пластовые типы вод, заключенные в тектонически ненарушенных, пологозалегающих осадочных образованиях и включает в себя нижнепермский, средне-верхнекаменноугольный и нижне-среднекаменноугольный комплексы, а

также водоупорные и относительно водоносные нижне-средне-верхнедевонские карбонатно-терригенные комплексы.

Для Западно-Уральского гидрогеологического массива характерно двухъярусное строение: водоносная зона девонско-нижнекаменноугольных терригенных, карбонатных и терригенно-карбонатных пород и водоносные зоны рифейско-нижнедевонских пород архейско-палеозойских гранитоидов основных и средних интрузий ультраосновных пород.

На **рис.1** приведена выкопировка из геологической карты дочетвертичных отложений с проекцией моделируемой территории, на **рис. 2** – геологический разрез (А-Б), проходящий в северной части области модели.

Моделируемая территория в вертикальном разрезе охватывает комплекс коренных отложений, включая нижнедевонскую карбонатно-терригенную толщу. В соответствии с современной «Картой гидрогеологического районирования территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 и унифицированных схем объектов

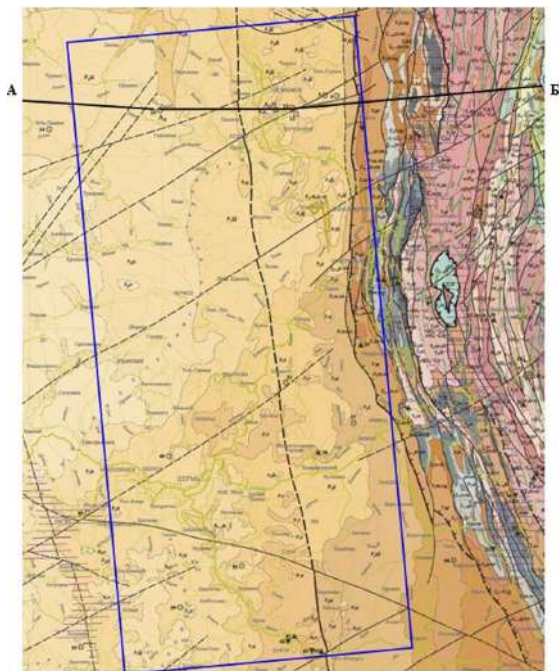


Рис. 1.
Выкопировка из геологической карты доплиценовых образований масштаба 1:1 000 000, лист О-40-Пермь. [6]

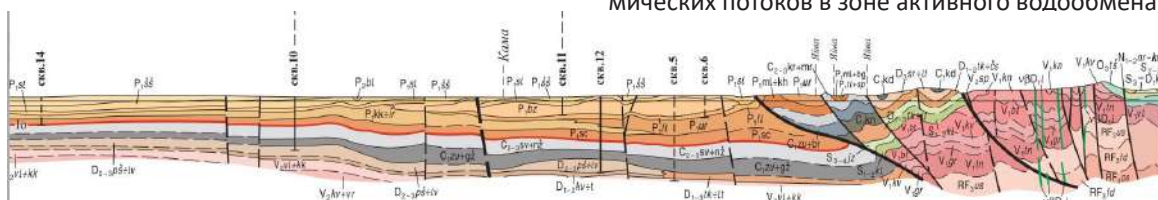


Рис. 2.
Геологический разрез области модели.

гидрогеологической стратификации территории Российской Федерации (артезианских бассейнов)», утв. Протоколом Федерального агентства по недропользованию от 07.02.2012 № 18/83-пр.

Математическая модель включает следующие гидрогеологические подразделения (сверху-вниз):

- визей-башкирский водоносный горизонт (C1-2v-b), представлен карбонатной толщей, сложенной известняками и доломитами с прослоями ангидритов, гипсов и глин;

- визейский водоупорный горизонт (C1v) представлен терригенной толщей: глинами, аргиллитами, алевролитами кварцевыми, в верхней части разреза преимущественно известковистыми;

- франско-турнейский водоносный горизонт (D3f-C1t) представлен преимущественно карбонатными отложениями: известняками глинистыми, битуминозными, реже, доломитами с прослоями глин, аргиллитами известковистыми с прослоями мергелей;

- франский водоупорный горизонт (D3f) представлен терригенной толщей: аргиллитами с прослоями известняков и алевролитов, в основании толщи залегают кварцевые песчаники;

- эмско-франский водоносный горизонт (D1-3e-f) представлен нерасчлененной карбонатно-терригенной толщей: песчаниками с прослоями глин, алевролитов, аргиллитов, известняками глинистыми, мергелями, известково-глинистыми сланцами.

Общее погружение моделируемых слоев Предуральского артезианского бассейна прослеживается в северо-западном направлении, к Западно-Уральскому гидрогеологическому массиву и наблюдается с абсолютных отметок от «-» 1200 м восточнее Кунгура до «-» 4600 м западнее Соликамска.

Воспроизведение состояния гидродинамического потока на территории реализовано на математической модели, созданной на основе системы математического и программного обеспечения «АкваСофт» [7].

Моделируемая территория, контур которой приведен на **рис. 1**, имеет размеры (260×530) км с шагом сетки 10 км. Шаг сетки выбран в соответствии с предположением малой величины скорости фильтрации жидкости в глубоких горизонтах по сравнению со скоростями гидродинамических потоков в зоне активного водообмена.

В вертикальном разрезе, согласно гидрогеологической стратификации, на модели воспроизводятся 5 слоев (горизонтов):

- три водоносных комплекса:
 1. визей-башкирский водоносный горизонт **C1-2v-b** (первый водоносный горизонт),
 2. франко-турнейский водоносный горизонт **D3f-C1t** (второй водоносный горизонт),
 3. эмско-франский водоносный горизонт **D1-3e-f** (третий водоносный горизонт),
- два условно-разделяющих слоя:
 4. визейский водоупорный горизонт **C1v** (первый разделяющий)
 5. франкий водоупорный горизонт **D3f** (второй разделяющий),

На основе предоставленной фактографической информации [8] был сформирован набор карт исходных параметров для каждого из 5 горизонтов в соответствии с формой уравнения (2), которые записывались в виде матриц значений каждого из параметров в базу данных модели:

- абсолютные отметки кровли горизонта (3 карты-матрицы),
- абсолютные отметки подошвы горизонта (3 карты-матрицы),
- проницаемость отложений водоносных горизонтов и разделяющих слоев (4 карты-матрицы),
- концентрация жидкости в водоносных горизонтах (2 карты-матрицы).

На основании фактических данных формировались следующие массивы информации, необходимые для реализации численного решения уравнения:

- массивы мощности водоносных горизонтов (3) и разделяющих слоев (2), как разность абсолютных отметок кровли и подошвы соответствующих горизонтов,
- массивы средней линии водоносных горизонтов (3),
- массивы температуры жидкости водоносных горизонтов (2),
- массивы кинематической вязкости водоносных горизонтов (2).

Результатами численного решения основного уравнения являются:

- карты давлений жидкости франко-турнейского и эмско-франского водоносных горизонтов (2),
- карты плотности жидкости водоносных и разделяющих слоев (4),
- карты векторов скоростей потока в водоносных горизонтах (2) и разделяющих слоях (2).

Верхний горизонт был исключен из расчетов и используется на модели только для задания граничных условий первого рода по всей поверхности. В качестве значений параметра граничных условий задается средняя линия,

пересчитанная в единицах давления. Граничные условия первого рода также задавались по внешним границам 2 и 3 слоя, параметры которых обусловлены глубиной залегания каждого моделируемого водоносного горизонта.

Причем, в отличие от моделей зоны активного водообмена, использование граничных условий 1 рода в расчетной схеме моделирования фильтрации неоднородных подземных вод в глубоких горизонтах не влияет на результаты решения задачи, поскольку параметры не являются искусственными границами, а отображают реально существующие физические условия процесса.

Вся описанная информация хранится в виде матриц в цифровой базе данных, для которой разработаны средства ввода и корректировки параметров в процессе решения задачи, который реализуется независимо от режима расчета. Визуализация исходных и результирующих данных возможна как с применением интерфейса системы, так и с помощью общепринятых ГИС-систем, поскольку информация для ввода и вывода готовится в текстовом формате. Исходные данные, результаты решения задачи привязаны к точным географическим координатам. Расчеты осуществляются в относительных координатах (i,j,n).

Диапазоны величины параметров выделенных комплексов моделируемой территории приведены в **таблице 1**.

Значения параметров автоматически преобразовываются в расчетных модулях к системе единиц измерения СИ.

На **рисунке 3** приводятся примеры исходных данных по проницаемости второго водоносного горизонта (**3-А**) и первого разделяющего слоя (**3-Б**), сформированных в узловых точках сеточной области.

Все данные, необходимые для численного решения уравнения (2) и последующего вычисления скоростей по формулам (3), располагаются в цифровой базе данных системы моделей исследуемого процесса таким образом, что, взаимно дополняя друг друга, позволяют исследовать реальный объект с той или иной степенью точности, рассматривая следующие процессы:

- стационарная или нестационарная фильтрация однородной жидкости (решение задачи в напорах),
- стационарная фильтрация неоднородной жидкости (решение задачи в давлениях, карты матриц векторов скоростей в плане и по вертикали),
- конвективного массопереноса (расчет распространения фронта контура загрязнения заданной концентрации с учетом результатов решения обоих типов задач фильтрации).

Описанные возможности реализованы в вычислительной подсистеме универсальных моду-

Таблица 1.

Параметры глубоких горизонтов модели Пермского Предуралья

Наименование параметров	Геологический возраст пород				
	C ₁₋₂ v-b	C ₁ v	D ₃ f-C ₁ t	D ₃ f	D ₁₋₃ e-f
	водоносный	разделяющий	водоносный	разделяющий	водоносный
	Исходные данные				
Отметки кровли (м)			-(1000÷3800)		-(1400÷4400)
Отметки подошвы (м)	-(800÷3000)		-(1000÷4000)		-(1100÷4600)
Проницаемость (дарси)		0.0001÷0.8	0.008÷5.5	0.0001÷1.18	0.0001÷3
Минерализация (г/л)			100÷250		100÷275
Динамическая вязкость (Па·с)		0.001÷0.0024	0.0012÷0.002	0.001÷0.0019	0.0008÷0.002
	Сформированные массивы				
Мощность (м)	50	100÷700	10÷250	200÷800	10÷210
Температура (град)			15÷53		25÷65
	Результирующие массивы				
Давление (атм)			100-375		150-520
Плотность (г/дм ³)		1.1 ÷1.3	1.15 ÷1.3	1.1 ÷1.4	1.2 ÷1.4
Скорости, плановые и вертикальные, (м/сут)		0.0÷0.5	0.0÷0.06	0.0÷0.88	0.0÷0.12

лей, взаимосвязанных по информации и управлению посредством цифровой базы сеточных данных с прямым доступом к каждому из параметров в процессе решения задачи.

Функциональность алгоритма расчета оценивалась для следующих типов процесса геофильтрации с использованием параметров данного объекта:

1. расчет пластовых давлений неоднородной жидкости,
2. фильтрация неоднородной жидкости,
3. фильтрация жидкости с постоянной плотностью пресной жидкости и переменной вязкостью,
4. фильтрация жидкости с постоянной вязкостью пресной жидкости и переменной плотностью.

Далее приводится сравнение моделей для первой и второй расчетных схем постановки задачи.

Анализ результатов моделирования территории Пермского Предуралья

Модель состояния неоднородных подземных вод в глубоких горизонтах.

Оценка адекватности модели процесса фильтрации в глубоких водоносных горизонтах для нефтеносных бассейнов затруднена отсутствием фактических данных, полученных по результатам ведения мониторинга подземных вод, что ограничивает создание адекватных моделей этих территорий. Имеющийся набор карт в силу используемого масштаба не позволяет создавать пакет данных, необходимых для создания

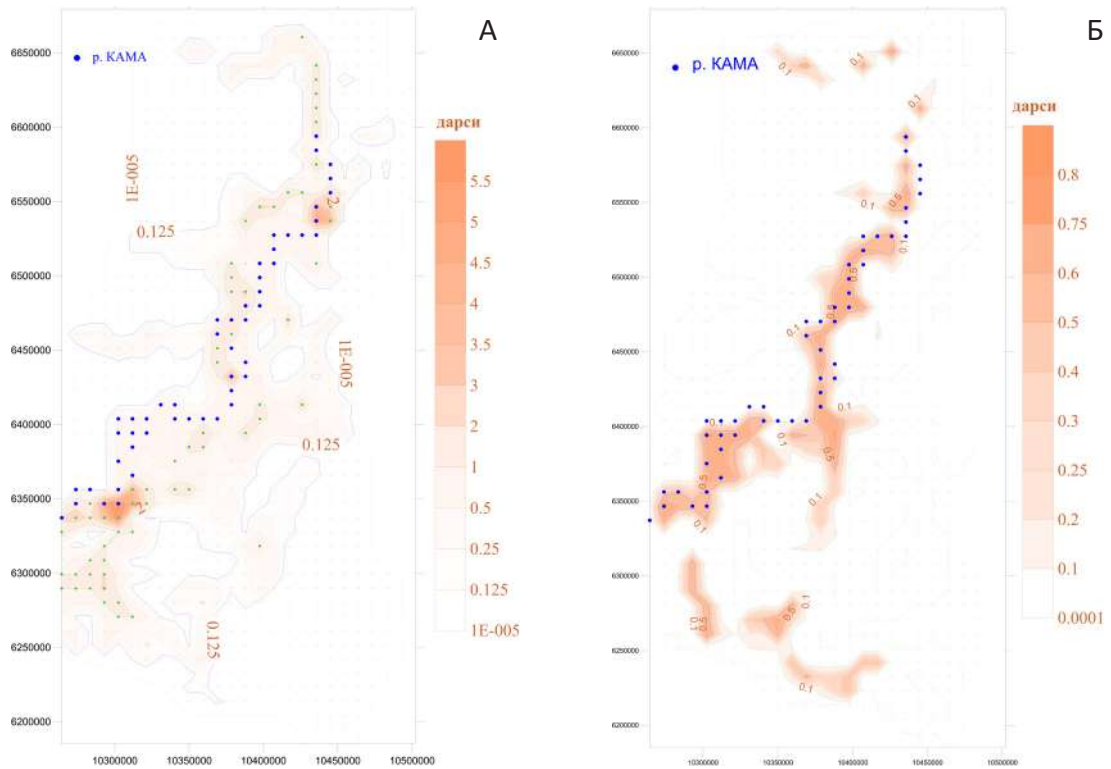
модели. Однако сопоставление данных, полученных по результатам моделирования демонстрирует увеличение информационной емкости территории за счет используемой методики и тем самым позволяет визуализировать реальные процессы.

На **рис. 4-5** приводится сравнение исходных (А) и модельных (Б) данных по распределению давлений во франско-турнейском (второй водоносный слой в модели) и визей-башкирском (третий водоносный слой в модели) водоносных горизонтах.

На результирующие модельные карты (**рис. 4-Б и 5-Б**) вынесены точки фактически замеренных давлений в наблюдательных скважинах (.232), которые отмечены на исходных картах.

На картах фактов (**рис. 3-А и 4-А**) отмечены следующие тектонические структуры, определяющие особенности геологического строения глубоких горизонтов: КАМ – Камская моноκлинал, СоД – Соликамская депрессия, СыД – Силвенская депрессия, ЧС – Чермозская седловина, КЧС – Кочинско-Чусовская седловина, ВКВ – Верхне-Камская впадина, ПС – Пермский свод, БА – Бабкинская впадина, ШВ – Шалымская впадина, КМ – Кунгурская моноκлинал, КрС – Красноуфимская седловина, ЮАД – Юрзано-Айская депрессия, СБС – северный склон Башкирского свода.

Сопоставление модельных (**рис. 4-Б и 5-Б**) и фактических давлений, поля распределения которых отображены изолиниями **на рисунках**



(А) D3f-C1t – второй водоносный горизонт

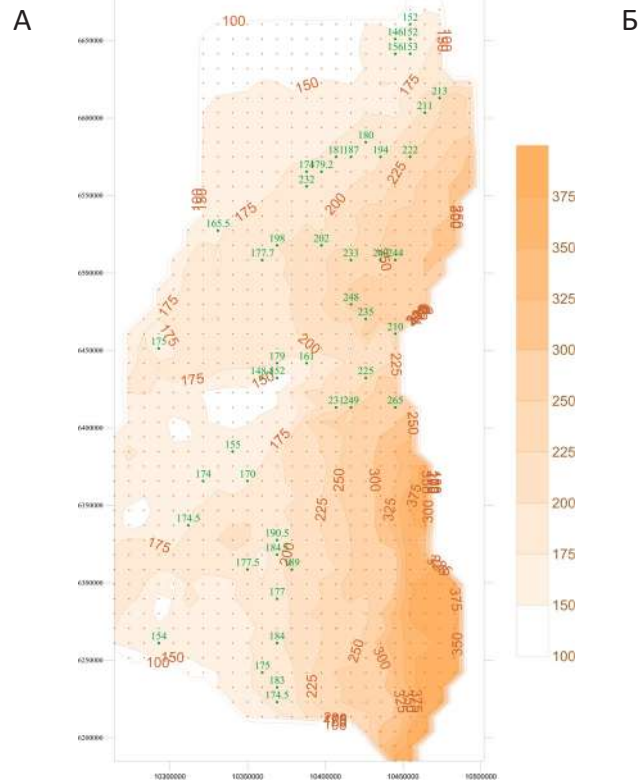
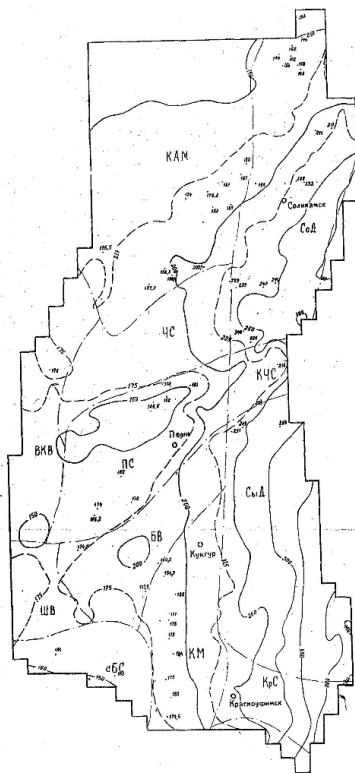
(Б) C1v – первый разделяющий слой

• – узловые точки сеточной области модели

• – точки с проницаемостью 1÷5 дарси

Рис. 3.

Параметры проницаемости водоносного и разделяющего слоя



(А) Фактические данные

(Б) Модельные данные

Рис. 4.

Сравнение исходных и результирующих давлений для визей-башкирского водоносного горизонта

4-А и 5-А, адекватно коррелируются с данными замеров этих значений в конкретных скважинах. Результаты моделирования отображают существующие особенности геологического строения (рис. 1) территории, а именно погружение водоносных горизонтов в направлении к восточной границе модели, т.е. по направлению к Западно-Уральскому гидрогеологическому массиву.

Таким образом, можно сделать вывод о приемлемом качестве алгоритма численного решения уравнения (2).

На рисунке 6-А приводятся модельные значения плановых скоростей фильтрации (м/сут), рассчитанные по формулам (3), совмещенные с изолиниями давлений, а на рисунке 6-Б – вертикальные скорости. Сопоставление исходных массивов и полученных на модели решений, показывает, что распределение вертикальных скоростей в разделяющих слоях по площади модели коррелирует с массивами вертикальной проницаемости (рис. 3), при этом, максимальная величина вертикальной скорости более чем в десять раз превышает величину плановой скорости. Направление вертикальной скорости – восходящее по всему разделяющему слою.

Модель стационарной фильтрации неоднородных подземных вод

Одним из результатов моделирования состояния неоднородной жидкости в глубоких горизонтах является расчет плотности жидкости в водоносных горизонтах и разделяющих слоях,

которая определяется в зависимости от искомой функции давления согласно формулам (4).

По значениям параметров плотности ρ , проницаемости $k_{пр}$ и динамической вязкости η можно рассчитать коэффициенты плановой и вертикальной фильтрации в каждой узловой точке сеточной модели по классической формуле: $Kf=(k_{пр} \times \rho)/\eta$, далее определяются значения параметров водопроницаемости $T=Kf \times M$, где M – мощность водоносного горизонта. По этим данным создается модель фильтрации неоднородной жидкости в напорной постановке задачи. Необходимым условием адекватности модели реальному процессу является замена граничных условий первого рода, которые задаются по внешним границам модели, на граничные условия третьего рода по тем же границам. Таким образом, результаты моделирования в такой постановке увеличивают информационную емкость описания реального объекта. Более подробное описание возможностей системы математического и программного обеспечения «Аквасофт» приводится в статье [9].

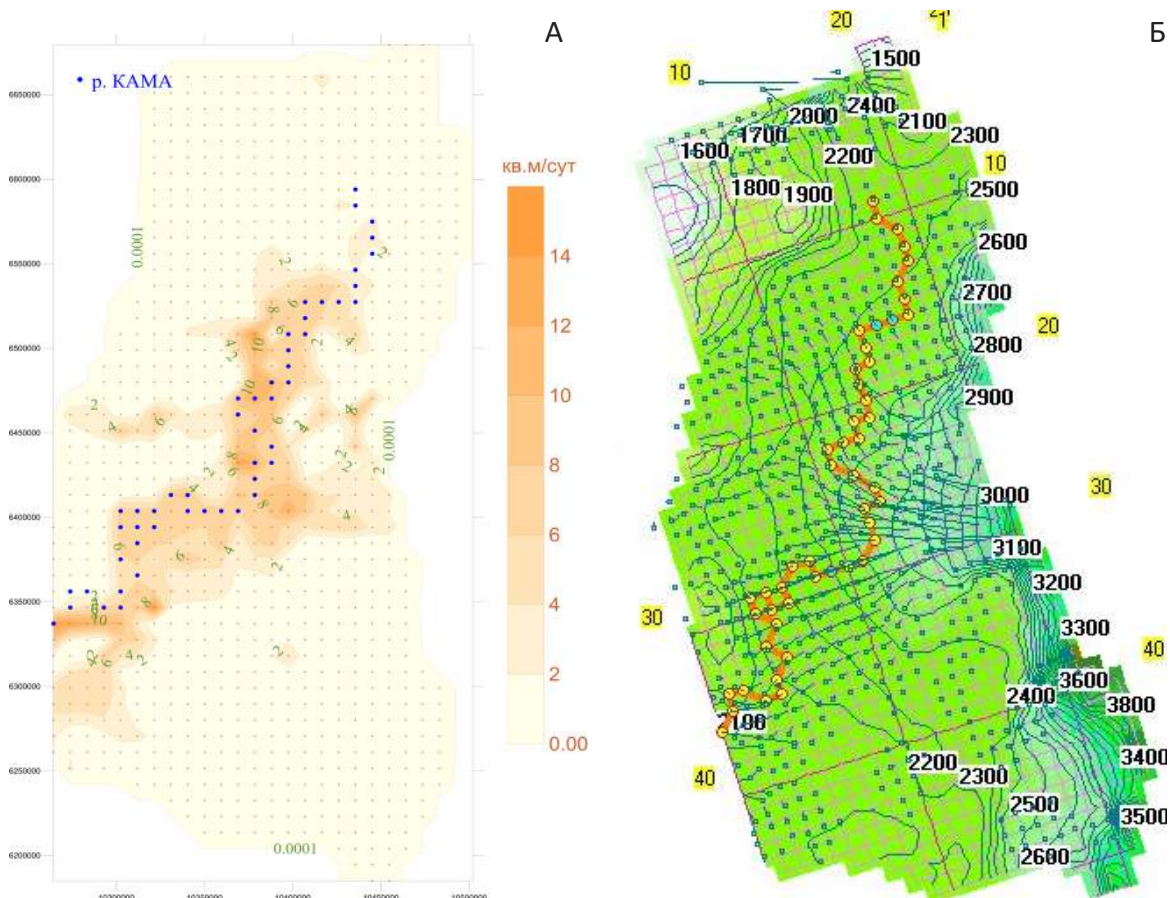
Состав и диапазон величины исходных и результирующих данных для задачи фильтрации в классической постановке, приводятся в таблице 2.

При воспроизведении условий геофильтрации в зоне активного водообмена на модели задается сеть поверхностных вод в виде граничных условий третьего рода по данным абсолютных отметок уровней и коэффициентов взаимосвязи

Таблица 2.

Параметры модели стационарной фильтрации неоднородной жидкости

Наименование параметров	Геологический возраст пород				
	C ₁₋₂ v-b	C ₁ v	D ₃ f-C ₁ t	D ₃ f	D ₁₋₃ e-f
	водоносный	разделяющий	водоносный	разделяющий	водоносный
Сформированные массивы					
Коэффициент плановой фильтрации (м/сут)			0÷0.115		0÷0.17
Коэффициент вертикальной фильтрации (м/сут)			0÷0.055		0÷0.09
Водопроницаемость (м ² /сут)			0÷8.8		0÷14,8
Результирующие массивы					
Абсолютные отметки уровней подз. вод (м)			1200÷3400		1200÷3600
Плановые потоки (м ³ /сут)			0-960		0-620
Вертикальные потоки – водообмен между 2 и 3 водоносными горизонтами (м ³ /сут)					
Приток из третьего горизонта			0÷250		
Отток в третий слой					0-5



(А) Карта водопроницаемости

(Б) Гидроизогипсы и латеральные потоки

Рис. 7.
Результаты моделирования процесса фильтрации D1-3e-f

подземных и поверхностных вод. В данном варианте модели зона активного водообмена в силу отсутствия данных не рассматривается. Однако, карта водопроницаемости третьего водоносного горизонта **D1-3e-f** (рис 7-А) явно отображает повышенные значения в долине реки Кама, даже на глубине порядка 3000м. Для второго горизонта и разделяющих слоев эта тенденция также прослеживается. На картах (рис.7) задано расположение узловых точек, соответствующих руслу реки Кама, но река, как атрибут модели, не рассматривается.

Результирующая карта абсолютных отметок уровней подземных вод этого горизонта приводится на рис. (7-Б). Карта напоров совмещена с картой плановых фильтрационных потоков – их направлением и величиной.

На изолиниях отмечены модельные отметки уровней подземных вод, стрелками показано направление и величина потоков. Величина потока рассчитывается для каждого блока сеточной области размером 100 км², диапазоны величины потоков (м³/сут) приведены в таблице 2. Также результатами моделирования являются карты вертикального водообмена между горизонтами.

Сопоставление результатов моделирования для разных условий постановки задачи обеспечивает возможность исследования процесса с разной степенью точности. Решение задачи «в давлениях» провозглашает более детально отобразить состояние неоднородных подземных вод в зависимости от существующих условий, тогда как решение задачи «в напорах» предоставляет общепринятую гидрогеологическую информацию.

В частности, полученные результаты подтверждают наличие областей повышенной проницаемости под долинами рек на значительной глубине по всему вертикальному геологическому разрезу. Этот вывод выявляет особую опасность методики гидроразрыва пластов, в результате применения которой нарушается сложившееся геологическое строение, формирующее сеть поверхностных вод. В результате уничтожаются зоны восходящей фильтрации, обеспечивающие выход подземных вод на поверхность в виде рек, родников, болот и т.д., что приводит к сокращению поверхностного стока и угнетению растительности.

Выводы

Создана многофункциональная математическая модель планово-вертикальной фильтрации подземных вод, отражающая геолого-гидрогеологические условия, строение и характеристики глубоких горизонтов, приуроченных к девон-нижнекаменноугольным карбонатно-терригенным отложениям Пермского Предуралья;

Разработан инструмент изучения гидродинамических процессов движения и взаимодействия подземных вод зоны затрудненного водообмена, кровля водовмещающих пород, которых залегают на значительных глубинах с абсолютными отметками «минус» 800÷4600 м;

Рассчитаны количественные значения следующих показателей: давления, плотности и векторов скоростей потока для каждого из водоносных горизонтов, исходя из неоднородных условий рас-

пределения температуры и кинематической вязкости пласта по площади моделируемой области;

Определены характеристики интенсивности вертикальных перетоков между водоносными горизонтами, разделенными слабопроницаемыми отложениями невыдержанной в плане мощностью от 100 до 800 м, включая направление и скорость потока.

Полученные результаты показывают большие возможности применяемого подхода, как теоретической основы изучения динамики подземных вод глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов, особенностью которого является детальное воспроизведение на математических моделях реально существующей структуры изучаемой части разреза бассейна, геофильтрационных параметров и свойств жидкости каждого из рассматриваемых на модели слоев. **XXI**

Литература

1. Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. Москва, «Недра», 1972, 280 стр.
2. Корценштейн В.Н. Методика гидрогеологических исследований нефтегазоносных районов. Москва, «Недра», 1976, 185 стр.
3. Крашин И.И. Моделирование фильтрации и теплообмена в водонапорных системах. Москва, «Недра», 1976, 158 стр.
4. Полшкова И.Н. «Особенности реализации системы специального математического обеспечения автоматизированных сеточных моделей бассейнов и месторождений подземных вод». Диссертация на соискание степени кандидата технических наук по специальности «гидрогеология», Москва, ВСЕГИНГЕО, 1994
5. Бондаренко С.С., Вартанян Г.С. Методы изучения и оценки ресурсов глубоких подземных вод. Москва, «Недра», 1986, 478 стр.
6. Официальный сайт ВСЕГИИ vsegei@vsegei.ru
7. Система специального программного обеспечения расчета процессов фильтрации и массопереноса в подземных водах – «Аквасофт» – «Aquasoft». Свидетельство регистрации программы – №2006610658 от 17.02.2006.
8. Богатырева О.А. Изучение скоростей латеральной фильтрации артезианских вод комплексов карбонатных отложений палеозоя Пермского Прикамья. // Сб. «Доклады геологической секции XIX научно-технической конференции, ППИ, Пермь, 1981, стр. 75-85.
9. Полшкова И.Н. Постоянно действующие гидродинамические модели, как подсистема цифрового геологического мониторинга. // Недропользование XXI век. – 2022. – № 2. – с.86-97.

UDC 556.072 : 556.38

I.N. Polshkova, Doctor Science Engineering, Assistant Professor: Department of hydrogeology MGOU, the combination Department of hydrogeology of the Russian State Geological Prospecting Institute, Senior researcher, Institute of water problems RAS, z_irpol1@mail.ru
R.Z. Akhmetshin, Research Associate of the Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, axmetro@yandex.ru
T.N. Saevets, Sredne-Volzhsky territorial department of FGKU «Rosgeoexpertiza», tatianasaevets@yandex.ru

STATIONARY FILTRATION MATHEMATICAL MODEL OF AN INHOMOGENEOUS LIQUID ON THE PERM-URAL OIL-BEARING BASIN EXAMPLE

Abstract: The main difficulty in creating a filtration model of inhomogeneous liquid is associated with a complex type of the basic equation describing this process. It is necessary to take into account not only the properties of the liquid but also the depth of existing taking into account the shape of the simulated horizons surfaces. This problem formulation makes it possible to reproduce the non-potential nature of the flow, and the visualizing process as a result of modeling gives not only the seeking pressure function, and also the lateral and vertical velocities, including their direction and magnitude. The modeling pressures are compared with the filtration problem solution in the classical formulation. Mathematical filtration models of inhomogeneous liquids based on the software «Aquasoft» allow you to use wide opportunities for mathematical experimenting and significantly increases the information capacity necessary for real processes studying compared to the generally accepted practice of building geological maps.

Keywords: filtration mathematical models, inhomogeneous liquid, deep horizons.



Богуславский М.А.

кандидат геолого-минералогических наук,
МГУ им М.В. Ломоносова, доцент,
mboguslavskiy@yandex.ru



Коршунов Д.М.

кандидат геолого-минералогических наук,
Геологический институт РАН, научный сотрудник,
dmit0korsh@gmail.com

МЕТОДИКА РАЗВЕДКИ КАОЛИНОВЫХ ГЛИН И ГОСТЫ, С НИМИ СВЯЗАННЫЕ, ТРЕБУЮТ СЕРЬЕЗНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОДХОДОВ

В статье показана необходимость пересмотра методических рекомендаций для проведения разведки месторождений глинистых породы с введением в него обязательного анализа минерального состава и гравунометрии. Показана путаница, в том числе и в ГОСТах, между каолином и каолинитом. Принцип оценки качества сырья на сегодня слишком узок для полноценного разделения добываемого сырья по отраслям промышленности на уровне работы геолога. Из-за отсутствия полноценного анализа сырья невозможен правильный учёт каолинов и тем более каолинита. Такой подход к оценке глинистых пород приводит к некорректному расчёту НДПИ и недополучению значительных средств бюджетами разных уровней. В статье показаны примеры правильного целевого использования сырья и возможности улучшения качества продукции, что дополнительно подтверждает необходимость введения новых стандартов качества.

Ключевые слова: каолиновая глина, каолинит, стандарт качества, ГОСТ, обогащение.

Под каолином понимается глинистая горная порода, в составе которой резко преобладает минерал **каолинит** в смеси с зёрнами кварца. Часто присутствуют примеси других труднорастворимых минералов, различных щелочей, силикатов титана и Fe-окислов [2]. В настоящее время из-за почти полного исчерпания традиционных и хорошо известных каолиновым месторождений Украины (самое известное из них Глуховецкое) недропользователи всё чаще обращают внимание на отечественное сырьё, но сталкиваются с проблемой его позиционирования на внутреннем рынке РФ. Связано это с некорректно сформулированными рекомендациями ГКЗ, а также с плохо сформулированными ГОСТами на каолин, их моральным устареванием, при путанице в названиях самого сырья. В наших законодательных актах не де-

лается разницы между каолиновыми глинами (кирпичное, фарфоровое, огнеупорное сырьё и т.д.) и каолинитами (сырьё для пищевой, химической и фармакологической промышленности). Так, например, ГОСТ 19608-84 «Каолин, обогащенный для резинотехнических и пластмассовых изделий, искусственных кож и тканей» [3] в пункте 3.1.1 написано «химическое наименование – Каолин», а в пункте 3.1.2 приведена химическая формула этого «каолина», которая не соответствует каолинам (так как это горная порода, а состав указан для минерала). Пункт 3.1.3 этого же ГОСТа предлагает получать его из каолина-сырца, в свою очередь, в методических рекомендациях ГКЗ для глинистых минералов [8] никого каолина-сырца не значится, соответственно недропользователь не сможет добывать такое полезное ископаемое.

Каолин, в соответствии со стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года, внесен в список дефицитного минерального сырья (третья группа). «... Помимо стратегических видов минерального сырья, значимыми для экономики России являются ... для отдельных отраслей промышленности – плавиковый шпат, бентониты, полевошпатовое сырье, каолин...»[9]. Согласно этому документу, запасы каолина, отнесенного к третьей группе и с учетом экономических условий освоения минерально-сырьевых ресурсов обеспеченность рентабельными запасами стратегических и наиболее значимых видов полезных ископаемых эксплуатируемых месторождений может составить не более 25-30 лет. Исходя из этого, запасы должны учитываться и отслеживаться, но он не входит в список полезных ископаемых, запасы которого публикуются ежегодно. Более того, так как каолин не значится в методических рекомендациях ГКЗ, то учитывать его почти невозможно, а притом, что в нормативных актах сейчас отсутствует единая система связи физико-химических параметров и целевого назначения сырья, для потребителей возникает дополнительная сложность при выборе и покупке необходимого для производства материала.

Проблемы при разведке месторождений глинистых пород

Для проведения разведки на месторождениях глинистых пород разработаны методические рекомендации по применению «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых Федеральным государственным учреждением «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ФГУ ГКЗ) [8].

Пункт 28 этих рекомендаций гласит: «Изучение качества глинистых пород должно производиться исходя из намечаемого направления их промышленного использования. Одновременно по достаточно представительному объему опробования должны быть установлены все возможные направления использования сырья, в первую очередь в качестве огнеупорного, тугоплавкого, тонкокерамического, бентонитового» [8]. Такое отношение приводит к отсутствию интереса к минеральному составу глин и компании сразу проводят те технические испытания, которые им интересны. При таком подходе месторождения каолиновых глин и каолинита могут появиться на карте России только случайно, а в обычном случае они будут отнесены к месторождению огнеупорных глин.

В методических рекомендациях в целом сделан основной упор на химический состав глинистых пород и иногда на общую гранулометрию,

выраженную в виде весового остатка на сите 0,0063 мм, после просеивания. Но глинистые минералы отличаются подвижным химическим составом, особенно по содержанию K, Na, Mg, Fe и Ca, по этой причине с одинаковым химическим составом могут встречаться совершенно разное сырьё. Среди химических элементов в нормативных актах самым важным выделяется Al_2O_3 и его отношение к $FeO_{общ.}$. Эти параметры для каолиновых глин лишь косвенно определяют температуру спекаемости, полностью игнорируя прочие технологические показатели. То же самое касается и SiO_2 , которое может присутствовать как в составе самих глин, так и связано с присутствующими не глинистыми минералами – кварцем в первую очередь. Кварц для многих индустрий является вредной примесью, но необходимо понимать, что кварц может быть разного размера и этот факт по-разному может повлиять на технологические свойства сырья, а также на возможность обогатимости глин. Возможность обогащения глинистого материала вообще не рассматривается, хотя в подобном документе для, например, золоторудных объектов уделено большое внимание разным подходам к подсчету запасов при разных видах возможного обогащения.

Разные индустрии – разные подходы

Авторами методических рекомендаций отмечается, что глинистые породы используются в производстве изделий строительной, грубой и тонкой керамики, огнеупорных материалов, цемента, керамзита, а также для, очистки нефтепродуктов и жиров, для окомкования железорудных и флюоритовых концентратов, в литейном производстве, они являются важным материалом в буровом деле и химической промышленности. Кроме того, глинистые породы служат в качестве строительного материала при постройке небольших сооружений, наполнителями в бумажной, фармацевтической, парфюмерной промышленности. Часто используются в сельском хозяйстве, винодельческой, комбикормовой, пищевой, текстильной промышленности [8]. И это не полный список индустрий, где используются глинистые породы. Каолиновые глины в зависимости от содержания **каолинита**, других глинистых и неглинистых минералов, а также от гранулометрических характеристик будут обладать взаимоисключающими технологическими свойствами. Это большой список совершенно разных полезных ископаемых и их нельзя рассматривать как единое целое.

Американская отраслевая специфика имеет совершенно иной контекст использования каолина. Ключевыми отраслями-потребителями каолина в США по последним данным за 2019 год являются производство высококачественной бумаги (60%), красок (12%) и катализаторов (9%) [12].

Причина такой разницы в сферах применения каолина между нашими странами заключается во многом в том, что отношение к каолину и структура его потребления являются определенными индикаторами технологического развития страны и, как следствие, наличие у неё (страны) потребности внутренних производств в каолине для производства высококачественной и высокотехнологичной продукции, такой как высококачественная бумага, резина и т.д.

Каолин в строительной индустрии

Для строительной керамики сложность технологического процесса заключается в трудности установления строгой зависимости между свойствами сырья и готовой продукции. В настоящее время единых регулируемых стандартами требований к качеству глинистого сырья для изделий строительной керамики не существует, пригодность сырья устанавливается по качеству готовых изделий и возможности получения стандартной продукции [8]. Однако специалисты из этой области давно отметили закономерности особенностей минерального состава исходной шихты и конечного результата, и каолинит выводят на отдельное место.

При использовании суглинков и низкодисперсных глин без применения корректирующих добавок довольно сложно получить лицевой кирпич высокого качества. Для улучшения свойств шихты используют двух- или трехкомпонентные составы шихты. Одним из видов добавок являются каолиновые глины. В зависимости от свойств каолиновых глин их применяют в различных областях промышленности. В производстве лицевого кирпича каолиновые глины применяют для улучшения сушильных свойств керамических масс и сокращения сроков сушки сырца, снижения воздушной усадки, расширения интервала спекания, а также для получения изделий светлых тонов. При этом содержание каолиновых глин в шихте может достигать до 50%, что в случае использования привозного сырья существенно повышает себестоимость продукции, но с другой стороны – повышает качество изделий [7]. Не говоря уже о том, что для дорогостоящего в производстве лицевого кирпича отработаны составы шихты для хорошего результата и базируются они не на содержание Al_2O_3 в шихте, а на минеральном составе. При этом показано, что применение добавок каолинитов позволяет улучшить технологические свойства шихт и повысить качество лицевого кирпича [6].

Добавление каолинита в портлендцемент улучшает удобоукладываемость и повышает устойчивость к водоотделению. Помимо этого, уменьшается расход пластифицирующей добавки, увеличивается прочность, снижаются усадоч-

ные деформации. Стоит отметить, что каолинит влияет и на морозостойкость и стойкость к воздействию щелочей и кислот. Примеров, где добавление каолинита, а не каолиновой глины улучшает качество конечной продукции множество.

Учет глинистых пород в РФ

В методических рекомендациях ГКЗ каолиновые глины, не говоря уже о каолините, не выведены в отдельный класс, который следует отдельно оценивать. Следствием этого одной из проблем для оценки каолиновой отрасли России является отсутствие публикации какой-либо официальной статистики по запасам и добыче каолина. Она отсутствует в официальных открытых источниках, таких, например, как госдоклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации», данных Росстата и Минприроды России. В неофициальных источниках в сети интернет она также отсутствует.

Наиболее дорогое сырье из глинистых пород (которые фигурируют в методических рекомендациях) – это бентониты. Работая с этим классом глинистых пород, уже давно опираются на минеральный состав. Каолин при этом является крайне растянутым понятием, и цена на сырье с подобным названием может отличаться в десятки раз (рис. 3) в зависимости от его качества и превосходить по цене бентониты.

Отдельный класс упомянутый в рекомендациях – это огнеупорные глины. На огнеупорные глины единых стандартов и технических условий нет. Они приняты для глин отдельных разрабатываемых месторождений, например, ТУ 14-8-152–75 для огнеупорных глин Латненского месторождения. Обычно в технических условиях устанавливаются пределы необходимого содержания Al_2O_3 , требуемая огнеупорность, допустимое содержание Fe_2O_3 и п.п.п. [8]. Однако, как было показано выше содержание Al_2O_3 мало информативно, поэтому опираются на получаемый в процесс технологических испытаний результат (как и написано в методических рекомендациях). В этот момент происходит главная ошибка отечественного позиционирования каолинового сырья в целом. Сырьем назначается тот класс потребления, кому он первому из заинтересованных лиц подошёл на производстве. Таким образом, реальная информация о технологических свойствах теряется. Это сильно затрудняет оценку запасов такого типа полезного ископаемого в РФ.

Аналогия происходящего – это если бы содержание алмазов в кимберлитовых телах определяли по содержанию углерода, а потом, добыв, его еще проверяли не подойдут ли высококачественные ювелирные алмазы в качестве абразива.

Таблица 1.

Направления использования каолина по Lorenz and Gwosdz, 1997 (с изменениями и дополнениями) [11]

Область применения	Продукция
Наполнители и абсорбенты	Бумага, резиновые изделия, пластмассы, краски, лаки, чернила, инсектициды, клеи, минеральные удобрения, фармацевтические продукты, косметические средства, моющие средства, свинцовые карандаши, цветные карандаши, асбестовые изделия, термопластичный кровельный материал, линолеум, текстиль
Связующее вещество	Шлифовальные круги, литейные формы, гранулированный корм для животных, электроды
Покрытие бумаги	Улучшение свойств бумаги
Керамика	Фарфор, фаянс, керамогранит, огнеупорная керамика, электротехнический фарфор, керамическая мембрана, керамические монолиты, катализаторы, шамот, настенная плитка, напольная плитка, санитарный фарфор
Для синтеза	Алюминий, сульфат алюминия, фосфат алюминия, цеолит, стекловолокно, кордиерит, муллит, вспучивающее вещество для бурения нефтяных скважин
Цемент	Белый цемент, огнеупорный цемент, кислотостойкий цемент, портландцемент

Мировая практика

В мировой практике уже давно выделяется каолин как отдельное полезное ископаемое (табл. 1.) Однако, стоит отличать каолин от каолинита, который чаще всего получен из каолина обогащением и используется совсем другими отраслями. Например, Ключевыми отраслями-потребителями каолинита в США по последним данным за 2019 год являются производство высококачественной бумаги (60%), красок (12%) и катализаторов (9%) [12]. В производстве бумаги каолинит используется как наполнитель (уменьшает стоимость бумаги с одновременным улучшением качества печати), а также как пигмент мелования, улучшая такие качества бумаги, как яркость, гладкость, глянец и поглощение чернил, что ведет к более точному воспроизведению при цветной печати. Мелованная бумага содержит до 35-40% каолина. Основными сегментами рынка сбыта являются: писчая бумага, бумага для печати, особенно для высококачественной цветной печати рекламы и другой продукции [1].

Следующее по значимости направление – химическая промышленность. Каолинит используется как наполнитель в следующих сегментах рынка: производство красок (в качестве белого пигмента), резинотехнических изделий, пластиков и пластмасс, клеящих веществ, уплотнителей, в фармацевтике. Также каолинит является безопасным материалом для человека, поэтому часто используется как наполнитель различных пищевых, фармакологических и косметических продуктов.

Возможности обогащения

Еще со времен 60-х годов прошлого века в СССР существуют ГОСТы для обогащенного каолина. Например, ГОСТ 20080-74 «Каолин обогащенный для производства электротермического силумина и ультрамарина» [1] и в нем даже указывается, что каолин бывает сухого им мокрого

обогащения и идет на разные цели. Однако, любые глинистые породы невозможно обогатить до обогащенного каолина и тем более до каолинита, без анализа минерального состава глины на стадии поиска и оценки (а сейчас нет требований определения минерального состава и при разведке), невозможно понять, что, собственно, нужно обогащать и зачем.

В качестве примера удачного технологического обогащения низкосортных каолиновых глин можно привести добывающие предприятия Бразилии. Бразилия является крупным производителем каолинита, объем производства которого в 2015 году составил почти 2,5 млн тонн, что составило 10% от общемирового объема. Главным источником каолинита Бразилии являются осадочные каолиновые отложения Бассейна р. Амазонки с их естественной высокой яркостью, мелкозернистым каолинитом и с отсутствием абразивных минералов (таких как кварц <5 мм). Именно эти каолины стали важными источниками высококачественного каолинита для производства высококачественной бумаги [10].

Бразильские месторождения – это перетолженные каолины в бассейне реки Амазонки, они представляют собой тонкие переслаивания каолинов и запесоченных прослоев, поэтому добываемая масса подвергается сложному обогащению (рис. 1,2). Отдельно стоит сказать, что «рудоконцентрат» в виде пульпы отправляют по трубопроводу в ближайший порт (более 100 км), там его до-обогащают и продают по всему миру [10].

Каолиновые глины как объект недропользования

Такое отношение к каолиновым глинам со стороны контролирующего органа приводит к нерациональному использованию недр и недополучению НДС бюджетом.

Статья 23 закона о недрах гласит:

- П.п. 5) обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов;

- П.п.6) достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов при разработке месторождений полезных ископаемых.

Однако без переработки методических рекомендаций соблюдать эти требования невозможно. При отсутствии четких методических подходов невозможно полноценно использовать залегающие в недрах полезные ископаемые, относимые к глинистым породам. Например, с XIX века Кыштымское месторождение каолиновых глин именовалось как месторождение огнеупорных глин и основной продукцией был шамот и т.д. Однако, сейчас это предприятие производит обогащенных каолин в разной форме, который востребован у самых разнообразных отраслей.

В связи с таким разнообразием встает вопрос о ценообразовании на каолиновые глины и оценку попутных полезных ископаемых залегающих совместно с ними. На **рисунке 3** показано, что цены могут достигать до 15 000 рублей за тонну сырья. При таком разбросе цен возникает вопрос как формируется выплаты НДСПИ недропользователей.

Выводы и рекомендации

Современные реалии требуют пересмотра существующего подхода к месторождениям глинистого пород. Важно учитывать существующие производственные потребности, провести чёткое позиционирование типов сырья по сферам потребления, а также оценить реальную стоимость сырья и не допускать ситуаций, когда высокосортные каолиновые глины используются на производстве низкосортного кирпича с соответствующим НДСПИ. Современные технологии позволяют производить оценку минерального состава глинистых пород и пол-

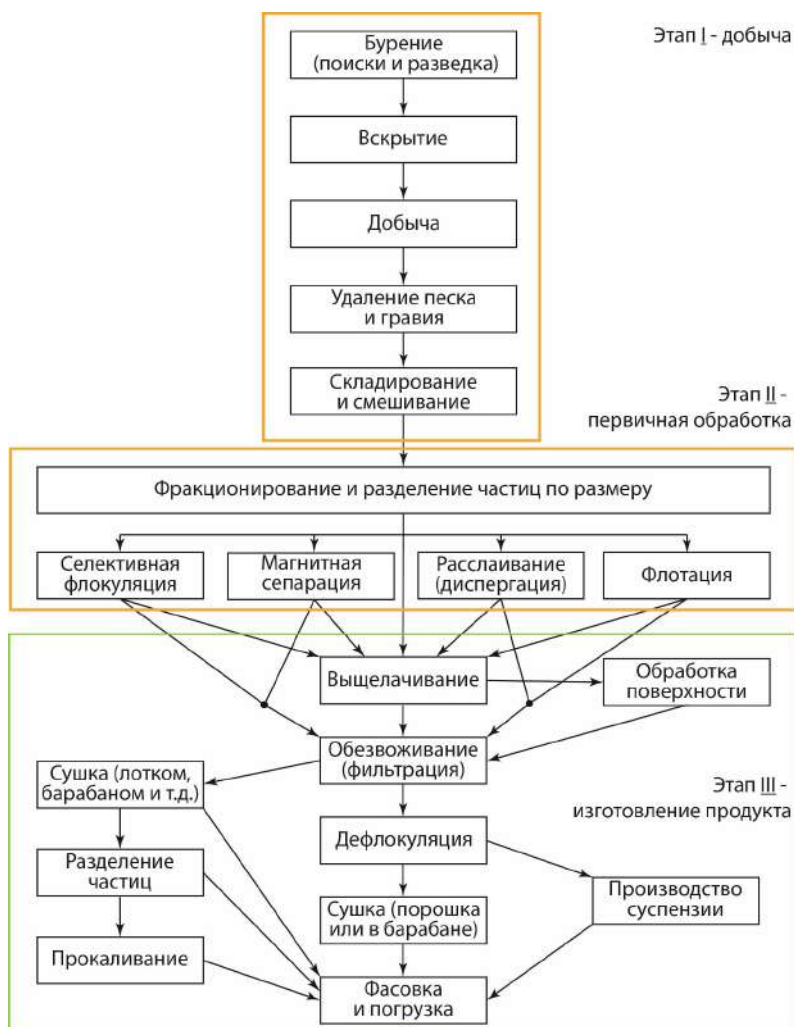


Рис. 1. Схема обогащения каолиновых глин по Dill H.G. [10]

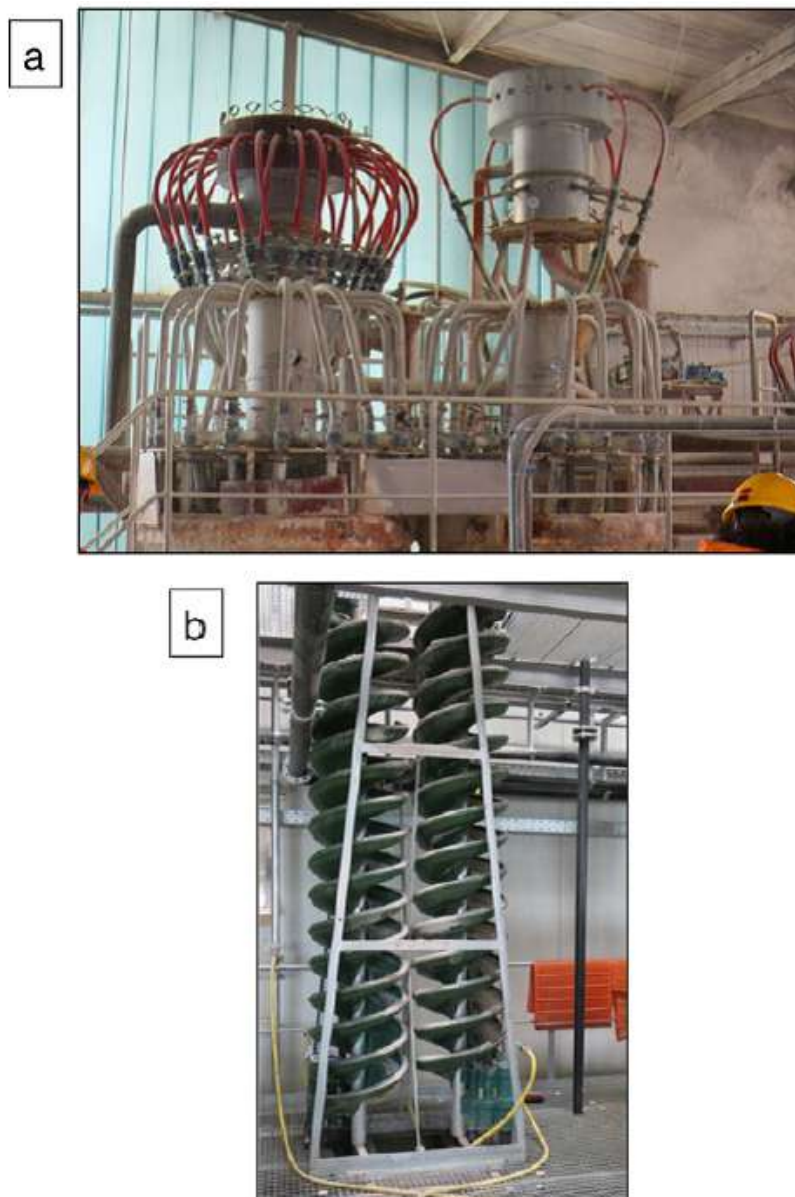


Рис. 2. Устройства для обогащения каолина. А) Гидроциклон для классификации жидкой суспензии каолина на основе отношения их центростремительной силы к сопротивлению жидкости (Imerys, Tirschenreuth, Германия). б) Спиральный сепаратор – используется для отделения тяжелой фракции (Strobel-Quarzsand Freihungsand, Германия) [10]

ную гранулометрию, оценивать состав тяжёлой фракции и прочих неглинистых минералов. Такие требования надо включать в методические рекомендации ГКЗ.

Такое изменение необходимо для того, чтобы геологи могли, анализируя сырьё разведываемого месторождения по комплексу данных: минеральный состав, гранулометрия, содержание вредных примесей и т.д. определять, во-первых, наиболее рациональную индустрию использования, а во-вторых, оценивать возможность обогащения данных глинистых пород.

Необходимо актуализировать ГОСТы, опираясь на полные данные о минеральном составе и прочих свойствах, а не только на химический

состав руд. Как было показано химический состав не даёт точного понимания для чего может быть использована глинистая порода данного объекта.

На наш взгляд подход надо менять, рассматривать сырьё не с точки зрения конкретного производства, а с точки зрения геолога, который сможет самостоятельно определить тип данного месторождения. То есть, необходима унифицированная система учёта месторождений каолиновых глин с точно прописанными критериями оценки по всем типам его потребления.

Исходя из этих данных, можно будет говорить о рациональном недропользовании и формировать отчисления в бюджет в зависимости от сортности сырья.

СООТНОШЕНИЕ ОБЪЕМА ПОСТАВКИ И ЦЕНЫ ЗА ТОННУ ГЛИНЫ ИЗ УКРАИНЫ И КАЗАХСТАНА

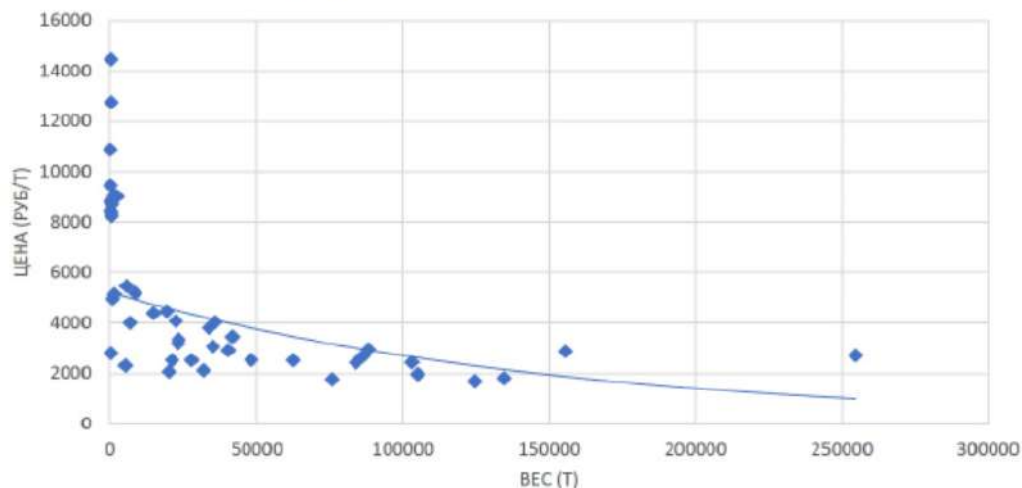


Рис. 3. Таможенные данные по экспорту каолинового сырья за 2020 год

Введение каолина в разряд дефицитного минерального сырья (стратегия развития геолого-разведочной отрасли до 2035 года) делает необходимым учет запасов и ведение отраслевой

статистики запасов и ресурсов, а также учет недорпользователей как это делается в докладе о состоянии минерально-сырьевой базы по другим значимым для экономики полезным ископаемым.

Литература

1. Богуславский М.А., Коршунов Д.М., Вильданов Д.И. Бразилия – основной поставщик каолинита. Особенности генезиса месторождений Бразилии / Всероссийская конференция с международным участием «Ломоносовские чтения». 2021. Москва. 23–29 апреля.
2. Геологический словарь. В трех томах. Издание третье, переработанное и дополненное / под ред. О.В. Петрова. Санкт-Петербург, Изд. ВСЕГЕИ, 2010. 440 с.
3. ГОСТ 19608-84 «Каолин, обогащенный для резинотехнических и пластмассовых изделий, искусственных кож и тканей».
4. ГОСТ 20080-74: «Каолин, обогащенный для производства электротермического силумина и ультрамарина».
5. ГОСТ 24717-2004: «Огнеупоры и огнеупорное сырье».
6. Езерский В.А., Кролевецкий Д.В. Каолиновые глины – эффективная добавка в технологии лицевого керамического кирпича. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. №12, 2007. С. 44–46.
7. Езерский В.А., Парфенов А.И. Каолиновая глина Новоорского месторождения – эффективная добавка в производстве лицевого кирпича и клинкера // Строительные материалы. 2012. № 5. С.36–40.
8. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых «Глинистые породы». М.: ФГУ ГКЗ, 2007. 37 с.
9. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года.
10. Dill H.G. Kaolin: Soil, rock and ore from the mineral to the magmatic, sedimentary and metamorphic environments // Earth-Science Reviews. 2016. V. 161. P. 16–129.
11. Lorenz, W., Gwosdz, W., 1997. Bewertungskriterien für Industriemineralien, Steine und Erden, Teil 1, Tone. Geol. Jb. H 2, 1–108.
12. USGS: Clays report // Mineral Commodities Summary 2020. Наше см с6 2021

UDC 553.048, 553.612

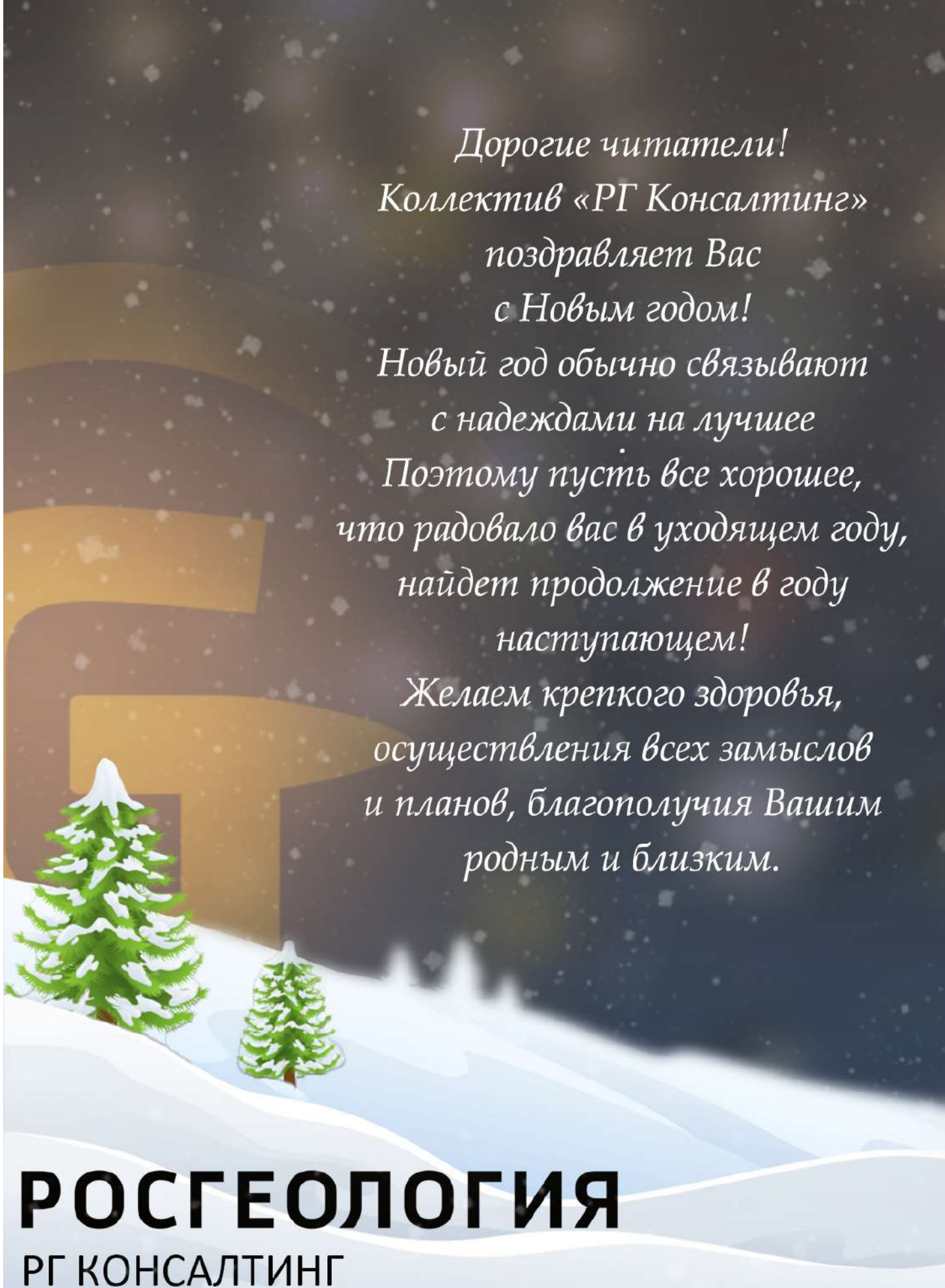
M.A. Boguslavskiy, Ph.D. of Geologo-Mineralogical Sciences, Associate Professor, Department of Geology, Geochemistry and Economics of Mineral Resources, Lomonosov Moscow State University, mboguslavskiy@yandex.ru

D.M. Korshunov, Ph.D. of Geologo-Mineralogical Sciences, Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Researcher, dmit0korsh@gmail.com

METHODS OF EXPLORATION OF KAOLIN CLAYS AND STATE STANDARDS IN MODERN REALITIES REQUIRE SERIOUS CHANGES IN APPROACHES

Abstract: The article shows the need to revise the methodological recommendations for exploration of clay deposits with the introduction of mandatory analysis of mineral composition and granulometry. Confusion is shown, including in state standards, between kaolin and kaolinite. The principle of assessing the quality of raw materials today is too narrow for a full-fledged division of extracted raw materials by industry at the geologist's work. Due to the lack of a full-fledged analysis of raw materials, it is impossible to properly account for kaolins and especially kaolinite. This approach to the assessment of clay rocks leads to incorrect calculation of the mineral extraction tax and the under-receipt of significant funds by budgets of different levels. The article shows examples of the correct targeted use of raw materials and the possibility of improving the quality of products, which further confirms the need to introduce new state standards.

Keywords: kaolin clay, kaolinite, state standard, GOST enrichment.



*Дорогие читатели!
Коллектив «РГ Консалтинг»
поздравляет Вас
с Новым годом!
Новый год обычно связывают
с надеждами на лучшее
Поэтому пусть все хорошее,
что радовало вас в уходящем году,
найдет продолжение в году
наступающем!
Желаем крепкого здоровья,
осуществления всех замыслов
и планов, благополучия Вашим
родным и близким.*

РОСГЕОЛОГИЯ

РГ КОНСАЛТИНГ



Меньшиков С.Н.
канд. экон. наук
Член Правления, начальник
Департамента ПАО «Газпром»
gazprom@gazprom.ru



Ахмедсафин С.К.
канд. тех. наук
Заместитель начальника
Департамента ПАО «Газпром»
S.Akhmedsafin@adm.gazprom.ru



Кирсанов С.А.
канд. тех. наук
Начальник Управления
ПАО «Газпром»
S.Kirsanov@adm.gazprom.ru



Егурцов С.А.
Президент, Председатель Совета
директоров ООО «ИНТ «ГеоСпектр»
S_Egurtsov@int-geos.ru



Иванов Ю.В.
канд. тех. наук
Исполнительный директор
ООО «ИНТ «ГеоСпектр»
y_ivanov@int-geos.ru



Бабкин И.В.
канд. физ.-мат. наук / д.т.н.
Начальник лаборатории
методического обеспечения ГИС
ООО «ИНТ «ГеоСпектр»
info@int-geos.ru



Свиницкий С.Б.
канд. геол.-минерал. наук
Главный специалист
ООО «ИНТ «ГеоСпектр»
info@int-geos.ru

ВЫДЕЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ РАПОЙ ИНТЕРВАЛОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ РАЗРЕЗЕ СКВАЖИН ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСА ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ГИС (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ПРИКАСПИЙСКОЙ НГП)

Наличие межсоловых рапопроявляющих (высоконапорных) и рапопоглощающих пластов (зон) является одним из основных горно-геологических факторов, способных вызвать осложнения в процессе бурения скважин в соленосных отложениях, негативно влияющим на их техническое состояние при последующей эксплуатации. С другой стороны, рапа является источником ценного минерального сырья, в том числе лития, интерес к добыче которого значительно вырос в условиях санкционного давления на Российскую Федерацию со стороны недружественных стран.

Исследование соленосной толщи в связи с прогнозом зон рапопроявлений предполагает, среди прочего, выделение в разрезе рапоносных/рапопоглощающих интервалов. Решение этой задачи представляет интерес как для бурения скважин на УВС, так и для добычи лития. Зафиксировать рапопроявляющие интервалы, являющиеся опасным источником повышения межколонного давления, стандартными способами оказывается невозможным. В связи с этим разработана и успешно применена специальная методика по выявлению рапоносных и рапопоглощающих пластов, а также интервалов заколонного движения рапы по результатам исследований разреза комплексом ядерно-физических методов ГИС.

На основе совместного анализа результатов применения комплекса ядерно-физических методов ГИС предложены критерии выделения: изначально рапоносных пластов, являющихся источником поступления рапы в скважину и заколонное пространство; рапопоглощающих пластов; интервалов цементного кольца с заполненными рапой пустотами в межсоловых и подсоловых интервалах разреза.

Ключевые слова: рапа, рассолы, рапопроявление, соленосные толщи/отложения, рапонасыщенный пласт, ядерно-физические методы ГИС, аномально высокое пластовое давление, бурение, поглощение.

Предупреждение инцидентов и аварий, связанных со строительством скважин в соленосных отложениях в условиях наличия высоконапорных межсоловых рапонасыщенных пластов (зон), по-прежнему остается актуальной задачей при проектировании и бурении скважин на подсоловые продуктивные отложения на месторождениях УВС, а также для последующих этапов их строительства (часто негативные последствия рапопроявления возникают на этапе обсадки скважины) и эксплуатации [1, 2, 3, 4]. При этом возможно, как фонтанирование сильно-минерализованных рассолов (рапы) непосредственно после вскрытия интервала её залегания (рапопроявляющие зоны с АВПД, являющиеся основной причиной осложнений и аварий при бурении и испытании), так и поступление рапы в скважину через некоторый промежуток времени, достигающий иногда месяцев. Процесс выделения рапы порой может длиться годы без заметных изменений [1].

Качество цементирования в местах рапопроявляющих пластов заметно страдает, и более того, цементный раствор может быть полностью замещен рапой, что негативно сказывается на качестве разобщения пластов и герметичности скважины в целом. Под воздействием рапы и часто сопутствующих ей сероводородной и углекислотной коррозии происходит быстрое разрушение труб и цементного камня из-за высокой минерализации рассола [1, 4].

Так, спустя более 30 лет с начала поисково-разведочного бурения, уже на стадии эксплуатации Астраханского ГКМ, проблема рапопроявления стоит достаточно остро. За это время в 30 % всех пробуренных скважин зафиксировано рапопроявление различной интенсивности, 11 % скважин ликвидировано, в 9 % случаев забуривались дополнительные стволы [3]. На ликвидацию негативных последствий рапопроявлений затрачиваются значительные средства, что вынуждает искать новые подходы к решению проблемы достоверной оценки и прогнозирования процессов рапопроявления, позволяющих принимать адекватные технико-технологические решения для успешного завершения строительства и безопасной эксплуатации скважин.

Приняв во внимание то, что Российская Федерация подвергается санкционному давлению и назревшую необходимость обретения и поддержания технологического суверенитета страны, а также наличие собственной ресурсной базы, ПАО «Газпром» по поручению Правительства РФ приступило к организации добычи и переработки пластовых рассолов (минерализованных подземных вод) Ковыктинского ГКМ для получения соединений лития и других ценных компонентов. Для этого 03 февраля 2022 года Министерство промышленности и торговли Российской Федерации и ПАО «Газпром» подписали Соглашение о сотрудничестве в области литиевой индустрии.

Постановка задачи

Исследование соленосной толщи в связи с прогнозом зон рапопроявлений предполагает создание геолого-физической модели, включающей структурно-тектонические особенности соленосного массива, его внутреннее строение, выделение в разрезе рапоносных/рапопоглощающих интервалов и площадное прослеживание рапоносных зон.

Зафиксировать рапопроявляющие интервалы, являющиеся опасным источником повышения межколонного давления, стандартными способами невозможно. В связи с этим для подготовки мероприятий, направленных на решение вышеуказанных задач, разработана и успешно применена специальная методика по выявлению рапоносных и рапопоглощающих пластов, а также интервалов заколонного движения рапы по результатам исследований разреза комплексов ядерно-физических методов ГИС, включающим методы ГК, СГК, НГК, 2ННК-Т, 2ИННК-Т [5, 6, 7].

В рапе, являющейся источником ценного минерального сырья, содержатся такие химические элементы, как литий, йод, бром, стронций, марганец и др. Однако, в первую очередь, это высокоминерализованный раствор соли, концентрация галита в котором превышает 500 г/л. Это обстоятельство позволяет проводить локализацию рапонасыщенных интервалов в условиях обсаженных скважин по данным ядерно-физических методов ГИС, которые обладают высокой чувствительностью к содержанию хлора.

В солевой толще, представляющей собой естественный природный флюидоупор, встречаются пласты с АВПД, которые могут служить источником поступления рапы в скважину (изначально рапонасыщенные, рапоносные) и пористые высокопроницаемые пласты с пониженными и нормальными гидростатическими давлениями, являющиеся поглотителями скважинного флюида, в т.ч. и рапы (вторично рапонасыщенные, рапопоглощающие). При выделении рапонасыщенных интервалов важно разделять эти типы пластов, т.к. интерес для промышленной добычи сырья представляют лишь пласты 1-го типа.

Региональный прогноз зон рапопроявлений основан на проведении сейсморазведочных работ методом общей глубинной точки, составлении структурных планов над- и подсолевых отложений, выявлении антиклинальных поднятий со смещенными структурными планами по над- и подсолевым отложениям и установлении наиболее приподнятых участков этих поднятий по кровле подсолевых отложений. Однако, как отмечают исследователи [3], целенаправленный поиск с помощью сейсморазведки затрудните-

лен, поскольку сложно подобрать источник возбуждения волнового сигнала для картирования подсолевых отложений. Недостаточное знание скоростных характеристик распространения колебаний по надсолевым горизонтам не позволяет однозначно определять глубины залегания геологических границ. Кроме того, при данном способе выделения рапоносных интервалов, помимо затратной операции бурения специальных скважин, невозможно разделить пласты на рапоносные и рапопоглощающие.

На основании анализа причин осложнений при разработке скважин за период 2000-2018 гг. можно утверждать, что 80 % нештатных ситуаций обусловлено отсутствием данных о локализации рапоопасных пластов по площади и разрезу [3].

Более перспективным и менее затратным является использование для выделения рапоносных и рапопоглощающих пластов комплексов ядерно-физических методов ГИС, которые позволяют проводить исследования в обсаженной скважине [5, 6, 7]. На основе исследований [1] известно, что рапонасыщенные пласты отличаются пониженными показаниями методов ННК и НГК, высокими значениями естественной гамма-активности, а также образованием технологических каверн в интервалах таких пластов. Кроме того, они приурочены к межсолевым сульфатно-терригенным породам, что облегчает процесс их локализации.

Методика выделения рапоносных и рапопоглощающих интервалов в геологическом разрезе скважин

Методика выделения рапоносных и рапопоглощающих интервалов в геологическом разрезе скважин на территории Прикаспийской нефтегазоносной провинции (НГП) основана на применении комплекса ядерно-физических методов геофизических исследований скважин (ГИС) в обсаженной эксплуатационной скважине, включающего методы гамма-каротажа – ГК, спектрометрического гамма-каротажа – СГК, импульсного нейтрон-нейтронного каротажа – ИННК, нейтрон-гамма-каротажа – НГК и нейтрон-нейтронного каротажа по тепловым нейтронам – ННК-Т, с привлечением данных методов в открытом стволе – кавернометрии DS⁺ и гамма-каротажа – ГК.

После бурения скважины и вскрытия соленосного разреза, используя ранее полученные результаты геологических исследований на месторождении, сейсморазведки и интерпретации комплекса геофизических исследований в разведочных скважинах, по данным метода кавернометрии выделяются интервалы с кавернами, в которых показания метода превышают номинальные – DS_{ном} (DS>DS_{ном}). По данным

измерений ГК определяется интенсивность счета $J_{гк}^0$ для оценки фоновых значений радиогеохимических аномалий (РГХА), на основе измерений НГК определяется интенсивность счета $J_{гк}^0$ в открытом стволе. По совместной обработке данных кавернометрии, ГК и НГК, в соответствии с [1], выделяются интервалы, в которых зафиксированы низкие значения ГК $J_{гк}^{0min}$, и высокие значения НГК $J_{нгк}^{0max}$ и каверномера $DS > DS_{ном}$, они определяют пласты каменной соли.

Замеры спектрометрического ГК позволяют получить фоновые значения кривых содержаний урана $U_{фон}$, тория $Th_{фон}$ и калия $K_{фон}$. Между выделенными солевыми толщами определяются межсольевые (между толщами солей) и подсольевые (под толщами солей) интервалы, которые могут быть рапоносными и именно в них проводятся дальнейшие исследования с целью поиска рапопроявляющих объектов. Замеры $J_{гк}^0$, $U_{фон}$, $Th_{фон}$, $K_{фон}$, $J_{нгк}^0$ являются фоновыми и в дальнейшем используются для сопоставления с замерами, проведенными после обсадки скважины.

Рапосодержащие пласты могут проявлять себя как при бурении, являясь источниками интенсивного поступления рапы в скважину, либо как активные поглотители скважинного флюида (рапы и бурового раствора) в рапопоглощающие пласты, так и по завершению ее строительства, в виде деформации обсадных колонн, заколонных флюидопроявлений, межколонных давлений.

Данные об осложнениях, вызванных рапопроявлениями, фиксируются при бурении скважины, однако оценить точные границы рапоносных интервалов возможно только при проведении повторных замеров после обсадки скважины.

В процессе каротажа после обсадки скважины в солевом разрезе с рапопроявляющими интервалами повторяют измерения методом ГК и определяют интенсивность счета $J_{гк}$.

При сопоставлении текущих замеров интегрального ГК $J_{гк}$ с фоновыми кривыми $J_{гк}^0$, выполненными при бурении скважины, регистрируются радиогеохимические аномалии (РГХА), связанные с наличием минерализованного флюида, индикатором которых является подъем текущих гамма-показаний по сравнению с предыдущим фоновым замером:

$$\Delta gk = J_{гк} - J_{гк}^0$$

Для выяснения природы обнаруженных РГХА проводится повторная запись СГК, в результате обработки которой получают кривые содержания урана U , тория Th и калия K . Гамма-активности тория и калия приурочены к литологическому строению пласта (различные типы глин, полевые шпаты и т.д.), в то время как гамма-активность урана приурочена к наличию органического вещества и содержанию пластовых вод.

При сопоставлении с предыдущими замерами СГК урановые аномалии РГХА: $\Delta u = U - U_{фон} > 0$, зарегистрированные в тех же интервалах, что и аномалии ГК Δgk , при отсутствии подобных аномалий на кривых калия и тория $\Delta k = K - K_{фон} = 0$, $\Delta th = Th - Th_{фон} = 0$, указывают на изменение состава пластовых вод, вызванное поступлением в скважину минерализованного пластового флюида (рапы).

При проведении исследований методом 2ИННК-Т регистрируются макроскопические сечения поглощения плотности потока тепловых нейтронов на малом $Sig_{мз}$ и большом $Sig_{бз}$ зондах. Сечение пропорционально концентрации атомов хлора в среде – чем больше хлора, тем выше сечение. Однако, оно обладает одним существенным отличием перед стационарными нейтронными методами – чувствительность этого параметра к состоянию ближней зоны – скважины и цементного камня – значительно ниже, поэтому сечение более информативно для получения информации о состоянии дальней зоны пласта.

Диаграмма сечения четко отражает положение границ солей и ангидритов – в солях значения сечения превышают $Sig_{соль} > 20 \text{ мкс}^{-1}$, в ангидритах они порядка $Sig_{ангидрит} \leq 4.5 \text{ мкс}^{-1}$. По дифференциации сечения в интервалах пластов выделяются пропластки с лучшими коллекторскими свойствами, в которых происходит наиболее интенсивное движение пластового флюида.

Интенсивности счета $J_{нгк}$, $J_{ннк}$ повторных замеров НГК и 2ННК-Т в обсаженной скважине нормируются в интервалах солей. Таким образом, сопоставляя нормированные кривые зонда НГК $J_{нгк}^{норм}$ и большого зонда 2ННК-Т $J_{ннкбз}^{норм}$, в солях получают $J_{нгк}^{норм} = J_{ннкбз}^{норм}$. Для этого подбираются масштабы вывода кривых (т.е. $J_{нгк_min}$, $J_{нгк_max}$, $J_{ннк_min}$, $J_{ннк_max}$) так, чтобы выполнялось условие $J_{нгк}^{норм} = J_{ннкбз}^{норм}$, при этом:

$$\frac{J_{нгкmin} + (J_{нгк} - J_{нгкmin})}{J_{нгкmax} - J_{нгкmin}} = J_{нгк}^{норм}$$

$$\frac{J_{ннкmin} + (J_{ннк} - J_{ннкmin})}{J_{ннкmax} - J_{ннкmin}} = J_{ннк}^{норм}$$

Малый зонд 2ННК-Т обладает малой глубиной, поэтому подвержен наиболее сильному влиянию помех, связанных с конструктивными особенностями скважины (то есть ближней зоны).

Методы НГК и 2ННК-Т по-разному реагируют на наличие в среде атомов хлора, т.к. хлор является сильным поглотителем тепловых нейтронов. При поглощении тепловых нейтронов выделяются 2-3 гамма-кванта, поэтому чем больше концентрация хлора в среде, тем выше счет зонда НГК.

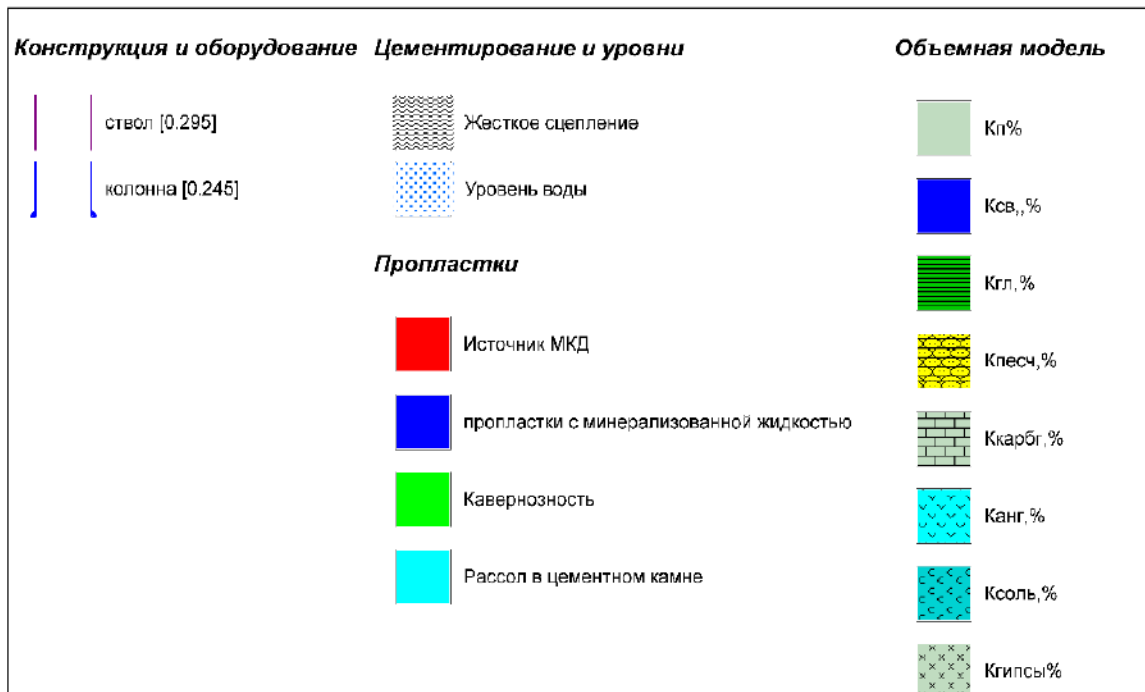
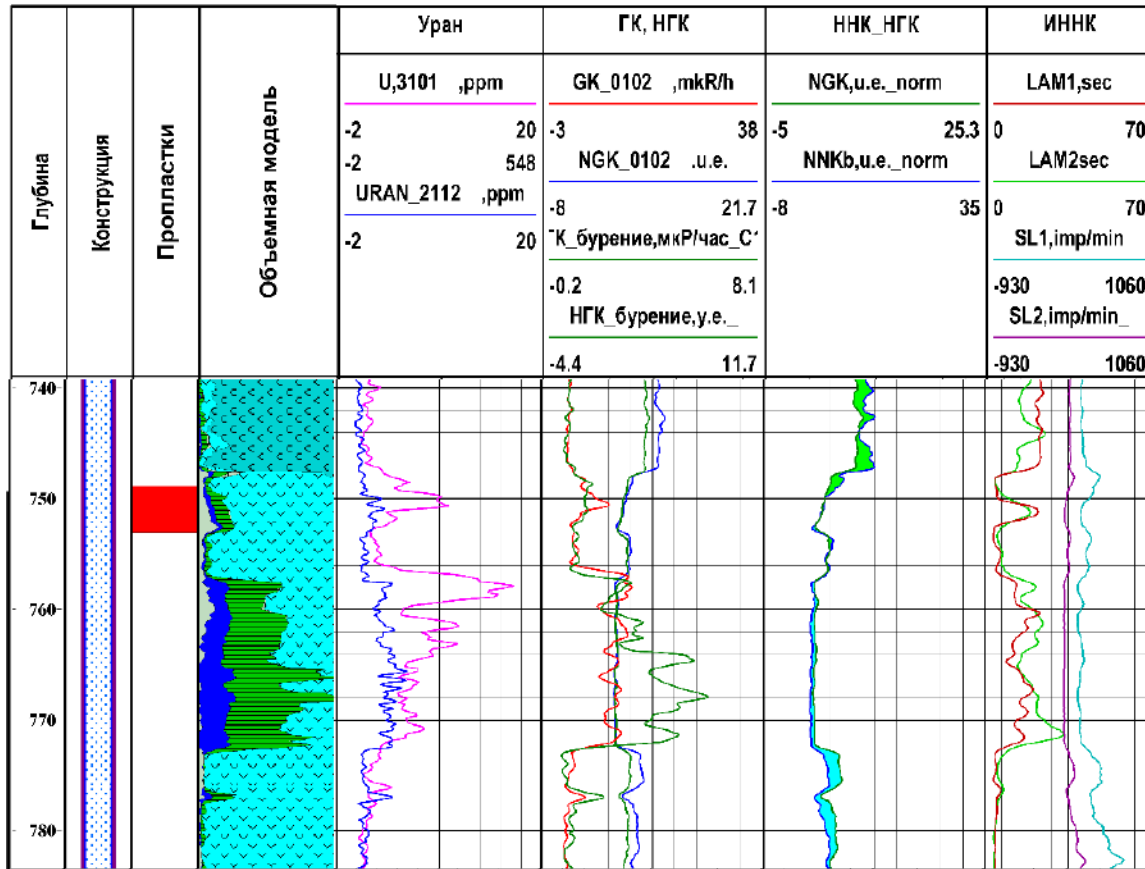


Рис. 1. Конфигурация кривых ГК, СГК, НГК, 2ННК-Т, против рапоносного пласта, являющегося источником поступления рапы в скважину

При увеличении концентрации хлора в прискважинной зоне наблюдают превышения нормированных показаний НГК над 2ННК-Т $J_{ннк}^{норм} > J_{ннкбз}^{норм}$, связанные с наличием минерализованного флюида в пустотах цементного камня. Превышение же нормированных показаний 2ННК-Т над НГК $J_{ннк}^{норм} < J_{ннкбз}^{норм}$ обусловлено наличием каверны, как зарегистрированной

по данным каверномера $DS > DS_{нот}$, так и новой, сформированной при истечении рапы в скважину и размывии прискважинной части пластов.

По совместному анализу комплекса описанных методов осуществляется выделение рапоносных и рапопоглощающих пластов в межсолевых и подсолевых интервалах по следующим признакам.

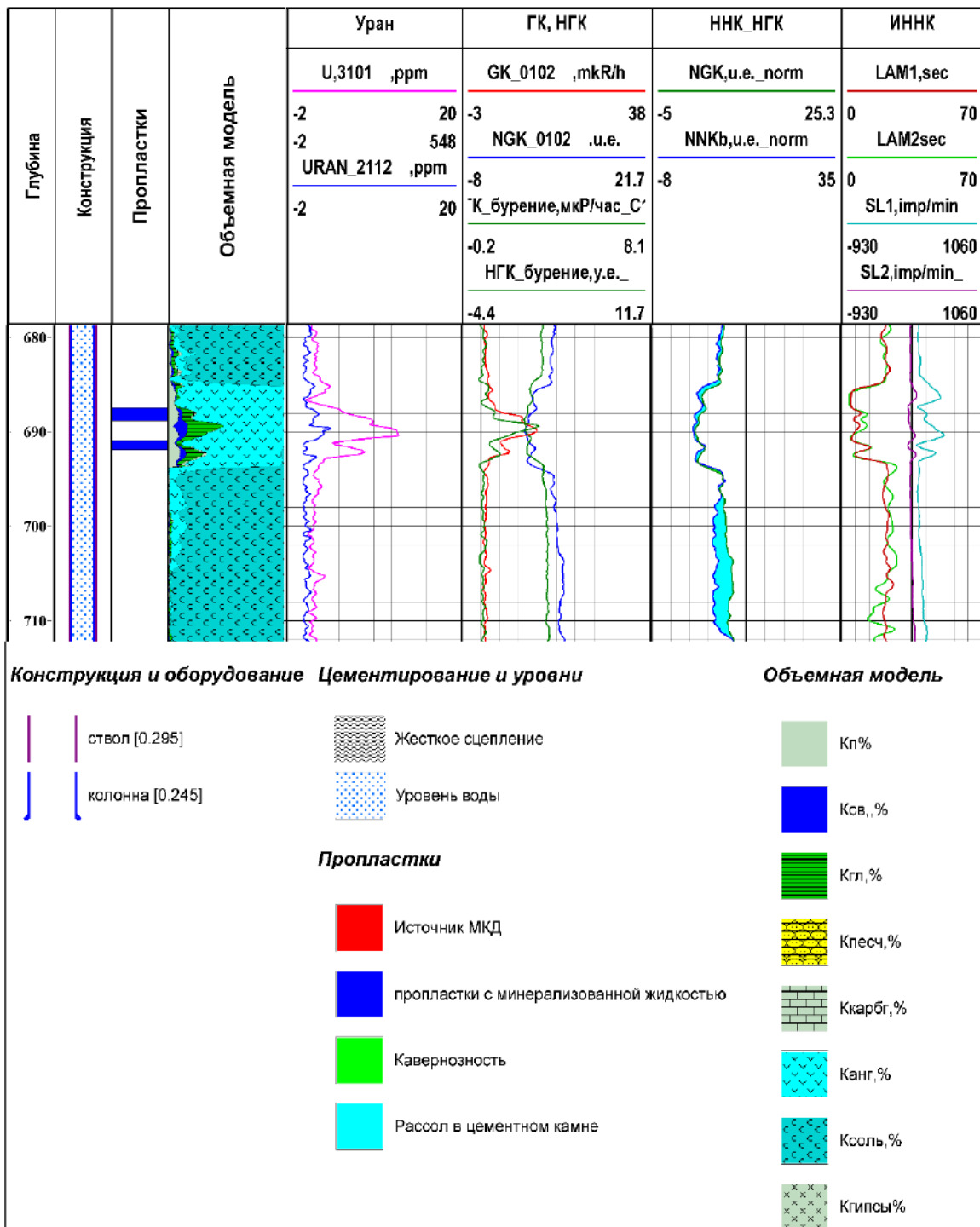


Рис. 2. Конфигурация кривых ГК, SGK, НГК, 2ННК-Т, 2ИННК-Т против рапопоглощающего пласта.

Признаками изначально рапоносного пласта, источника поступления рапы в скважину, являются:

- наличие аномалии РГХА по ГК, высокая РГХА по урану, расположенная против пласта, связанная с адсорбцией радиоактивных ионов на стенках скважины и колонны при интенсивном истечении рапы из пласта и максимальная по разрезу РГХА по урану, расположенная против интервала вмещающих глин над или под рапоносным пластом, связанная с фильтрацией и накоплением радиоактивных ионов в глине при прохождении потока рапы по стволу скважины;
- возможное наличие в кровле либо подошве прискважинной части рапоносного пласта образовавшихся после бурения и не отраженных на показаниях каверномера каверн, определяемых по нормированным в интервалах солей показаниям 2ННК-Тбз, НГК, $J_{нгкнорм} < J_{ннкбзнорм}$, связанное с размывом и разрушением прискважинной части пласта при истечении рапы;
- высокие значения $Sigmз$ и $Sigбз$, составляющие порядка 15-17 мкс⁻¹.

Признаками рапопоглощающего пласта являются:

- наличие аномалии РГХА по ГК, высокая РГХА по урану, расположенная против вышележащих (в случае расположения рапоносного пласта над рапопоглощающим), либо нижележащих (в случае расположения рапоносного пласта под рапопоглощающим) пластов вмещающих глин, связанная с фильтрацией и накоплением радиоактивных ионов в них при поглощении рапы пластом с пониженным пластовым давлением;
- средние значения $Sigmз$ и $Sigбз$, составляющие порядка 10-14 мкс⁻¹.

Признаком наличия рапы в пустотах цементного камня является:

- превышение нормированных в интервале солей показаний НГК над 2ННК-Т: $J_{нгк}^{норм} > J_{ннкбз}^{норм}$.

На **рис. 1** показана конфигурация кривых ГК, СГК, НГК, 2ННК-Т, 2ИННК-Т против рапоносного пласта, являющегося источником поступления рапы в скважину. Рапоносный пласт выделяется на глубине 750 м и расположен под соляной толщей. Он характеризуется повышенными показаниями ГК (в 6-ой колонке) и высокими концентрациями урана (в 5-ой колонке), при этом максимальная РГХА по урану наблюдается в нижележащем глинистом пласте 756-765 м. Рапоносный пласт

также выделяется очень высокими значениями $Sigmз$ и $Sigбз$, сопоставимыми с их максимальными значениями в солях. Практически на всем межсолевом интервале 750-770 м наблюдается проникновение рапы в пустоты цементного камня, что подтверждается и повышенным гаммафоном в этом интервале, а на глубине 740-750 м произошло образование каверны.

На **рис. 2** показана конфигурация кривых ГК, СГК, НГК, 2ННК-Т, 2ИННК-Т против рапопоглощающего пласта. Рапопоглощающие пласты выделяются на глубинах 688 м и 692 м и расположены в межсолевом интервале. Они характеризуются повышенными показаниями ГК (в 6-ой колонке) и высокими концентрациями урана (в 5-ой колонке), при этом максимальная РГХА по урану наблюдается в лежащем между ними глинистом пласте 688-692 м. Рапопоглощающие пласты также выделяются достаточно высокими значениями $Sigmз$ и $Sigбз$, однако существенно ниже их значений в солях. Практически на всем межсолевом интервале 685-694 м наблюдается проникновение рапы в пустоты цементного камня, однако оно существенно меньше, чем в нижележащем солевом пласте.

Заключение

Таким образом, разработана методика исследования скважин на разных этапах их строительства и эксплуатации, которые характеризуются разными геолого-техническими условиями, специфика которых, касающаяся рапопроявлений, учитывается при использовании следующего комплекса методов: ГК, СГК, НГК, 2ННК-Т, 2ИННК-Т, выявляющих особенности строения геологического разреза сразу после бурения; состояние пластов, наличие рапы в пустотах цементного камня – после обсадки скважин, и, в дальнейшем, периодически – в процессе эксплуатации скважины. Сравнение результатов измерений ГК, СГК, НГК, 2ННК-Т, 2ИННК-Т, полученных на разных стадиях строительства и эксплуатации скважин, позволяет оценить точные границы рапоносных и рапопоглощающих интервалов, а также выявить интервалы цементного кольца с заполненными рапой пустотами. Полученные результаты позволяют своевременно принимать управленческие решения о возможности добычи минерального сырья и проведении мероприятий по предотвращению осложнений, вызванных рапопроявлениями. **XXI**

Литература

1. Свинцицкий С.Б. Прогнозирование зон рапопроявлений в соленосных отложениях. М: ООО «ИРЦ Газпром», 2005 г. 92 с.
2. Вахромеев А.Г., Сверкунов С.А., А.И. Ильин и др. Горно-геологические условия бурения рапопроявляющих зон с аномально высоким пластовым давлением в природных резервуарах кембрия на Ковыктинском газоконденсатном месторождении. // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН, 2016, № 2 (55) 2016. с. 74-87.
3. Ильин И.А. Модель внутрисолевых рапонасыщенных пластов, осложняющих процесс бурения скважин Астраханского ГКМ. //Газовая промышленность, 2020 г., № 4 (799), с. 38-43.
4. Двойников М.В., Сидоров Д.А., Канбулов Е.Ю. и др. Солеотложение и рапопроявление: анализ проблем, возникающих при строительстве скважин. //Neftegaz.ru, 2022 г., № 10 (130), с. 20-25.
5. Бабкин И.В., Егурцов С.А., Иванов Ю.В., Ахмедсафин С.К., Бельский Д.Г., Кирсанов С.А., Никитин В.В. Выявление рапопроявляющих пластов и интервалов заколонного движения рапы по данным комплекса ядерно-физических методов ГИС при строительстве. // Доклад на Международной научно-практической конференции «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» 16-17 ноября 2022 г. (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский Горный университет. Программа конференции с.15).
6. Патент № 2755100 РФ. Способ выделения рапонасыщенных интервалов в геологическом разрезе скважин нефтегазоконденсатных месторождений по данным мультиметодного многозондового нейтронного каротажа / И.В. Бабкин, А.Л. Поляченко, С.А. Егурцов и др. Заявл. 04.02.2021; опубл. 13.09.2021 [Электронный ресурс]. Режим доступа: ИЗ №2755100 (fips.ru) (дата обращения: 09.01.2023).
7. Патент № 2771438 РФ. Способ определения лития в рапонасыщенных интервалах геологических разрезов скважин газоконденсатных месторождений по данным мультиметодного многозондового нейтронного каротажа / С.А. Егурцов, А.И. Лысенков, Ю.В. Иванов и др. Заявл. 20.09.2021; опубл. 04.05.2022 [Электронный ресурс]. Режим доступа: ИЗ №2771438 (fips.ru) (дата обращения 09.01.2023).

UDC 550.832.5

S.N. Menshikov, Candidate of Science (C.Sc.) in Economics, Member of the Management Board, Department Head PJSC Gazprom gazprom@gazprom.ru
S.K. Akhmedsafin, Candidate of Science (C.Sc.) in Engineering, Department Deputy Head PJSC Gazprom, S.Akhmedsafin@adm.gazprom.ru
S.A. Kirsanov, Candidate of Science (C.Sc.) in Engineering, Department Head PJSC Gazprom, S.Kirsanov@adm.gazprom.ru
I.V. Babkin, Candidate of Science (C.Sc.) in Physics & Mathematics / D.Sc. in Engineering, Head of WL Methodological Support Laboratory OGTI GEO-SPECTRUM LLC, info@int-geos.ru
S.A. Egurtsov, President, Chairman of Board of Directors OGTI GEO-SPECTRUM LLC, S_Egurtsov@int-geos.ru
Yu.V. Ivanov, Candidate of Science (C.Sc.) in Engineering, Executive Director OGTI GEO-SPECTRUM LLC, y_ivanov@int-geos.ru
S.B. Svintsitsky, Candidate of Science (C.Sc.) in Geology and Mineralogy, Discipline Leader OGTI GEO-SPECTRUM LLC, info@int-geos.ru

PICKING OF NATURAL BRINE SATURATED INTERVALS IN WELL LOGS AS PROMPTED BY THE DATA FROM A PACKAGE OF NUCLEAR PHYSICS-BASED WL METHODS (THE CASE OF CASPIAN OIL AND GAS PROVINCE)

Abstract: The presence of intersalt natural brine showing (high pressure) and natural brine absorbing formations (zones) is a major mining and geological factor that may cause complications during well drilling in salt-bearing deposits and have adverse effects on their technical condition in the subsequent operation. On the bright side, natural brine is a source of valuable crude minerals, including lithium the interest in production of which surged amid sanctions imposed on the Russian Federation by unfriendly countries.

Investigation of the salt-bearing section for prediction of natural brine show zones assumes, among other things, picking of natural brine carrying/absorbing intervals. Solving this task would be interesting both for drilling of wells to produce crude hydrocarbons, and for lithium production. Conventional methods fail to record the natural brine showing intervals which are a hazardous source of higher annular pressure. In this connection, we have developed and successfully implemented a dedicated methodology to identify the natural brine bearing and absorbing formations, and intervals of natural brine movement outside the casing based on the log investigation using a package of nuclear physics-based WL methods.

Based on the joint analysis of results obtained in application of a package of nuclear physics-based WL methods, the following picking criteria were offered: initially natural brine carrying formations, acting as a source of natural brine inflow into the well and the outer annulus; natural brine absorbing solutions; cement sheath intervals with natural brine-filled cavities in intersalt and subsalt log intervals.

Keywords: natural brine, brines, natural brine show, salt-bearing sections/deposits, natural brine saturated formation, nuclear physics WL methods, abnormally high formation pressure, drilling, absorption.



Сальников С.А.
Генеральный директор
ООО «НОВА технолджиз»
salnikov@n-tlg.ru



Ашигян Д.Г.
к.т.н., заместитель генерального
директора по науке и скважинным
технологиям ООО «НОВА технолджиз»
ashigyan@n-tlg.ru



Ильин А.С.
заместитель генерального директора
по геологии и производству
ООО «Сервис-нафта»
ilyin@snafta.ru



Рудаковская С.Ю.
к.т.н., Генеральный директор
ООО «Арктик-ГЕРС»
ru@arctic-gers.ru



Ашигян К.Д.
Магистрант
МГУТХТ им. Ломоносова
kashigyan@gmail.com

ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА ИЗ НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ И КОЛЛЕКТОРОВ В СЛОЖНЫХ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В настоящее время уделяется большое внимание вопросам, связанным с разработкой трудноизвлекаемых запасов. Статья посвящена рассмотрению одного из аспектов этой многогранной проблемы, а именно: интенсификации притока из низкопроницаемых карбонатных коллекторов различной литологии расположенных в сложных термобарических условиях. В статье рассмотрены результаты лабораторных исследований различных солянокислотных и иных кислотных составов на образцах кернового материала породы и опытно-промысловых работ на объектах (пластах), расположенных на глубине а.о. от -2500 м и более, с проницаемостью ниже 8 мД, имеющих трещиноватый или трещиновато-кавернозный тип коллектора. Рассматриваемые образцы приурочены к нефтекумской свите (республика Калмыкия), майкопским горизонтам и отложениям мелового периода (Чеченская республика), и силурийским отложениям (республика Коми), и верхней юре (республика Узбекистан) и на железистых известняках месторождений (Оренбургская область) с пластовым давлением от 36 до 95 МПа и пластовой температурой от 125 до 197 °С. Уделено внимание важности достижения малой скорости нейтрализации кислотного состава матрицей породы, что позволяет ему проникать глубоко в пласт и формировать в трещиноватых карбонатных коллекторах зоны проницаемости сравнимые с получаемыми при выполнении гидроразрыва пласта. Рассмотрены также вопросы коррозии внутрискважинного оборудования и влияния кислотных составов на прочность цементного камня.

Ключевые слова: трудноизвлекаемые запасы, химические методы интенсификации притока, доломитизированные известняки, низкопроницаемый коллектор, скорость коррозии в кислоте, длина трещины при ГРП.

В настоящее время уделяется большое внимание вопросам, связанным с разработкой трудноизвлекаемых запасов. Статья посвящена рассмотрению одного из аспектов этой многогранной проблемы, а именно: интенсификации притока из низкопроницаемых карбонатных коллекторов различной литологии расположенных в сложных термобарических условиях. В статье рассмотрены результаты лабораторных исследований на образцах породы и промысловых работ на объектах (пластах), расположенных на глубине а.о. от -2500 м и более, с проницаемостью ниже 8 мД, имеющих трещиноватый или трещиновато-кавернозный тип коллектора. Рассматриваемые образцы приурочены к нефтекумской свите (республика Калмыкия), майкопским горизонтам и отложениям мелового периода (Чеченская республика), и силурийским отложениям (республика Коми), и верхней юре (республика Узбекистан) и на железистых известняках месторождений (Оренбургская область) с пластовым давлением от 36 до 95 МПа и пластовой температурой от 125 до 197 °С.

В статье рассмотрены наиболее распространенные карбонатные породы: доломиты, доломитизированные известняки, глинистые и железистые карбонаты (сидериты $FeCO_3$, анкериты $CaMgFe(CO_3)_2$), а также терригенные породы с карбонатным типом цемента.

Широко применяемая, в настоящее время, для интенсификации притока, соляно кислотная обработка (СКО), не всегда обеспечивает достижение положительного результата в силу ряда общеизвестных причин:

- Высокие температуры в пласте приводят к кратному увеличению скорости взаимодействия соляной кислоты с горной породой и глубинным скважинным оборудованием, что влечет за собой негативные последствия для результатов

ОПЗ. Это объясняется правилом Вант-Гоффа – ростом кинетической энергии молекул при сохранении энергии активации.

Эмпирическое Правило Вант-Гоффа: при повышении температуры на каждые 10 °С константа скорости реакции возрастает в 2 – 4 раза:

$$\gamma = \frac{k_{T+10}}{k_T} = 2 + 4$$

При повышении на n десятков градусов

$$\gamma^n = \frac{k_{T+n \cdot 10}}{k_T} \quad \text{или} \quad k_{T_2} = k_{T_1} \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

Величина γ называется температурным коэффициентом Вант-Гоффа.

- Ограничение глубины проникновения активного вещества – соляной кислоты - (кавернообразование) в пласт, вследствие интенсивной нейтрализации солянокислотного состава при реакциях с чистыми карбонатными породами, представлены преимущественно солями кальция (известняк, мел, кальцит и т.п.), превышающую скорость обновления активного вещества и отведения продуктов реакции, что при их смешивании с активной кислотой приводит к росту плотности и вязкости кислотного раствора дополнительно затрудняя проникновение его в пласт.

- Формирование нерастворимых и слаборастворимых продуктов реакции (гидроокиси железа и т.п.), вследствие реакции соляной кислоты со смешанными железистыми (карбонатные пласты, содержащие в своем составе анкериты или сидериты) породами или при контакте с пластовой водой, содержащей в себе ионы железа.

Несмотря на применяемые в производстве улучшения солянокислотных составов, включающих в себя помимо соляной кислоты различные ингибиторы, загустители, ПАВы и т.п. в случае повышенных пластовых температур или дав-

лений эти составы не всегда обеспечивают достижение поставленного результата вследствие сложности учета взаимовлияния применяемых модификаций и их стабильности в условиях повышенных температур и давления.

Для снижения влияния указанных выше факторов специалисты ООО «НОВА технолджиз» в процессе разработки и создания кислотного состава пролонгированного действия «Компонекс-21 v.3» пошли по пути объединения различных кислот в единую синергетическую смесь, обеспечивающую последовательное включение в реакцию кислот смеси после полной или частичной нейтрализации предшествующих элементов смеси.

Результаты проведенной работы проиллюстрированы на **рисунке 1**, на котором представлены значения средних скоростей реакции Компонекс-21 v.3 и соляной кислоты с карбонатными породами различного состава. (Исследование выполнено в АО «Институт геологии и разработки нефтяных и газовых месторождений» Республика Узбекистан, г. Ташкент)

Продолжительность реакции (время нейтрализации) кислотного раствора с образцом породы устанавливалась по времени выделения CO_2 . По результатам проведенных экспериментов (100 мл кислотного раствора на 100 гр образца) при температуре 60 °С. можно сделать следующие выводы:

- Скорость реакции породы с рассматриваемой синергетическим кислотным составом пролонгированного действия «Компонекс-21 v.3» на порядок ниже аналогичного параметра для соляных кислот разной концентрации
- Отсутствует существенное влияние состава горной породы (содержания карбоната кальция/

магния) на скорость реакции при использовании кислотного состава «Компонекс-21 v.3» – практически неотличимая скорость растворения как известняка 80, мела 19, кальцита 10, так и доломитизированного известняка 11 и доломита 18.

Схожие результаты по оценке скорости нейтрализации различных кислотных составов при взаимодействии с мрамором получены при исследованиях компанией ООО «Белкамнефть» г. Ижевск Россия (при нормальных условиях). Для повышения достоверности проведенных исследований, оценка скорости реакций проводилась параллельно.

Как видно из данных приведенных в **таблице 1** рассматриваемый состав «Компонекс-21 v.3» сохраняет свою активность на порядок дольше аналогичного показателя раствора чистой и модифицированной соляной кислоты.

Проведенный комплекс исследований в стандартных условиях подтверждает практическую применимость используемого подхода и наличие кратного снижения скорости нейтрализации состава «Компонекс-21 v.3» по сравнению с аналогичными параметрами для чистой и модифицированной соляной кислоты.

Исходя из этого утверждения, мы можем обоснованно предположить, что низкая скорость нейтрализации кислотного состава «Компонекс-21 v.3» в карбонатных коллекторах позволяет проводить технологические операции большей продолжительности и как следствие большей зоной охвата пласта кислотным составом.

Для проверки данного утверждения и анализа влияния термобарических факторов на скорость реакции рассматриваемого состава «Компонекс-21 v.3» в ядерной лаборатории ООО «Арктик-ГЕРС» (г. Тверь, Россия) проведен комплекс исследований по оценке степени изменения

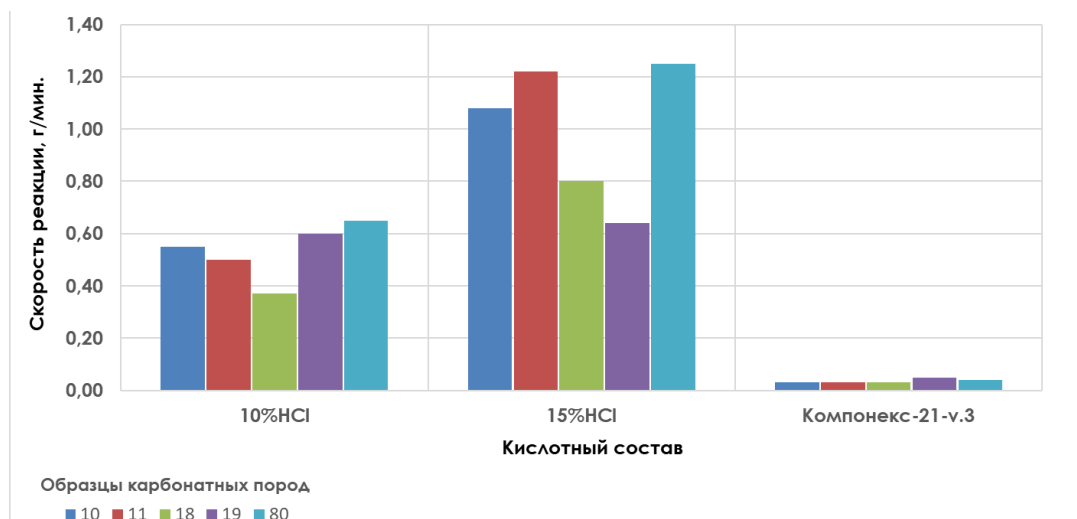


Рис. 1. Распределение средних скоростей реакции кислотных составов в зависимости от состава карбонатной породы (10-кальцит, 11-доломитизированный известняк, 18-доломит, 19-мел, 80-известняк)

Таблица 1.
Содержание кислоты в растворах в процессе растворения мрамора

Состав кислоты	Содержание активного вещества в растворе (в пересчете на соляную кислоту), %			Содержание активного вещества, через 24 часа, % отн. (от начального)
	До начала испытаний	Через 3,5 часа	Через 24 часа	
15 % раствор ингиб. соляной к-ты	15,7	0,07	0	0
15 % раствор ингиб. соляной к-ты + 3%(об.) КАТОЛ 22А*	15,6	0,29	0	0
15 % раствор ингиб. соляной к-ты + 5%(об.) КАТОЛ 22А*	15,4	0,44	0	0
Комплекнс-21 v.3 рабочий раствор	9,8	5,1	3,8	38,8
Комплекнс-21 v.3.+ 1%(масс.) DemulexС+ 1% (масс) FreeAnCor	9,6	5,25	3,8	39,6

* КАТОЛ 22 А комплексная присадка для кислотных композиций, замедляющая процесс нейтрализации соляной кислоты

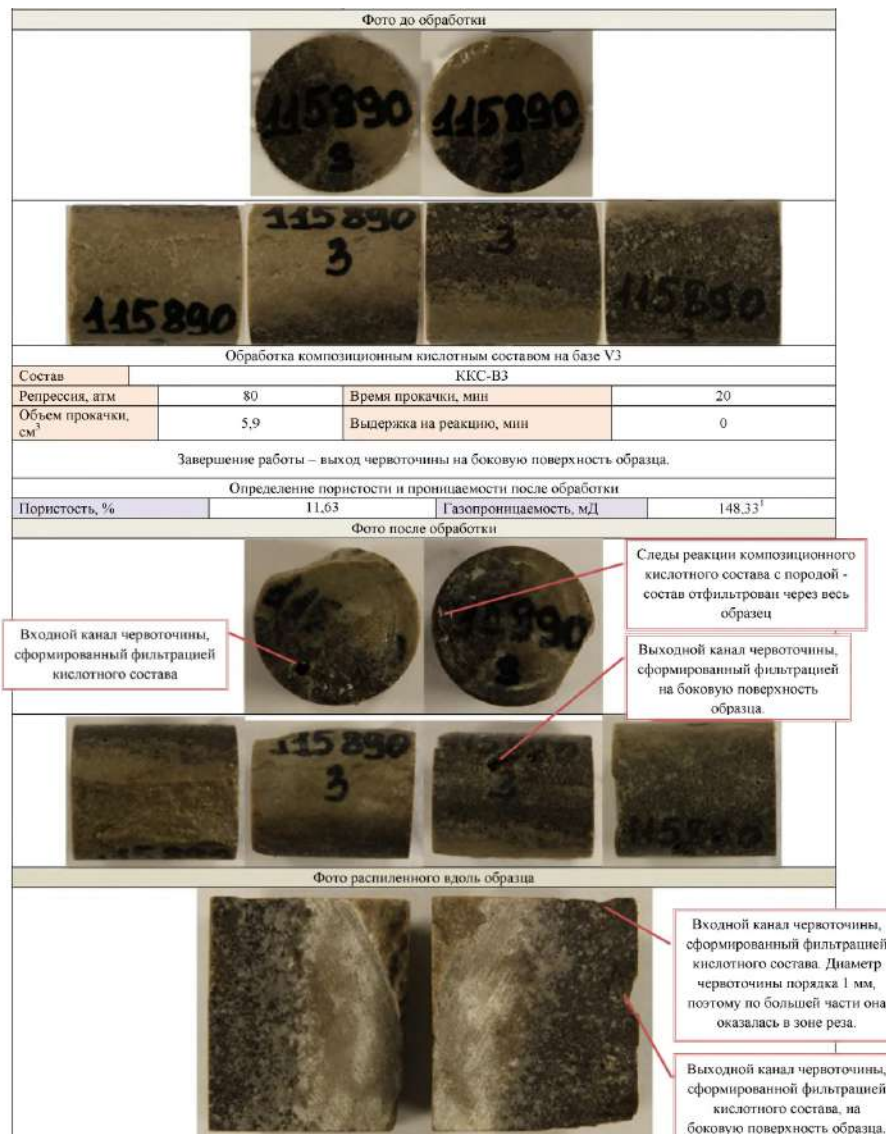


Рис 1.
Селективность воздействия кислоты Комплекнс-21 v.3 на низкопроницаемом трещиноватом известняке при T=155 °C (кern месторождения Республики Калмыкия)

фильтрационно-емкостных свойств низкопроницаемых трещиноватых доломитизированных известняков (нефтекумской свиты, Республика Калмыкия) до и после обработки образцов рассматриваемым составом «Компонекс-21 v.3»

Результаты проведенных исследований приведены на **рисунках 2-3** и в **таблице 2**.

На основании результатов исследований в сложных термобарических условиях можно сделать вывод о наличии изменений фильтрационно-емкостных свойств образцов (увеличение общей пористости в 1,7-1,8 раза и проницаемости по червоточине 100-300 раз, а также общей проницаемости в 2,2-2,6 раза) после обработки составом «Компонекс-21 v.3». Отметим также, что при обработке составом «Компонекс-21 v.3» отмечается увеличение проницаемости породы за границами каверны.

Как уже отмечалось выше, в случае наличия солей железа в составе матрицы пласта или в пластовых водах, при выполнении солянокислотной обработки часто образуется гель – гидроксид железа, который ухудшает проницаемость пласта даже в сравнении с первоначальной.

В этой связи в ООО «Арктик-ГЕРС» были выполнены исследования на керне нефтяного месторождения Оренбургской области. Продуктивные слои этого месторождения сложены в основном из анкерита 76-84%, кварцита 4,1-5,4%, иллита 2,5% и кварца 7,7-16,8%. Были проведены исследования кислотных составов, созданных для таких железистых известняков. Результаты определения изменения ФЕС образцов керна Оренбургской области в при (T=25 °C, P=10 МПа) приведены в **таблице 3**; и **Рис.2 и 3**;

Резкий рост проницаемости для всех видов пластовых флюидов после кислотной обработки составом Компонекс-21 v.3 показывает отсутствие образования гидроксидов железа. Для более полной проверки этого предположения в



Рис 2.
Селективность воздействия кислоты Компонекс-21 v.3 на низкопроницаемый анкерит при T=25 °C (керна месторождения Оренбургской области)

лаборатории ООО «Арктик-ГЕРС» были выполнены более детальные исследования на терригенных образцах породы чокракских отложений Чеченской Республики, в состав которых входит сидерит – железистый известняк.

Согласно данным рентгеноструктурного анализа (**таб. 4**) после обработки породы составом «Компонекс-21 v.3» отмечается снижение содержания на 50-70% основных глинистых минералов и полное растворение карбонатной части цемента.

Как видно из приведенных данных до и после кислотной обработки изменилось не только содержание солей кальция: кальцита, сидерита и ангидрита, но и значительно уменьшилось содержание глин всех слагающих глинистый цемент породы. Рассмотрим более подробно полученные результаты:

Во-первых, интересен факт растворения ангидрита представляющего собой сульфат кальция CaSO₄. В отличие от карбонатов – в рассматриваемом нами случае, кальциевых солей угольной кислоты это принципиально другой минерал по своим свойствам. И его успешное растворение подсказывает аналогичное решение в отношении ещё одного сульфата из той же группы s элементов – сульфата бария.

Во-вторых – уменьшение содержания глин в породе, как результат воздействия кислоты, может быть объяснен реакцией некоторых составляющих кислоты «Компонекс-21 v.3» с породой, в результате чего возникают комплексные соединения иона металла, входящего в состав глинистого минерала, с комплексообразователем – лигандом, что приводит в итоге к разрушению структуры глинистых минералов. Как правило, это работает с ионами металлов относящихся к d или p элементам «длинной формы» периодической системы элементов (термин ИЮПАК). В результате выхода ионов металлов из состава глин в возникающие комплексные соединения – после воздействия на глины кислотой – происходит разрушения их структуры, что и приводит к уменьшению их содержания в оставшихся частях породы. Также, в результате РСА не обнаружено никаких новых соединений железа в обработанных образцах породы, что подтвердило версию об отсутствии гидроксидов железа, как результата взаимодействия с кислотой «Компонекс -21 v.3».

Уменьшение содержания глинистых минералов подтверждает воздействие рассматриваемого состава «Компонекс 21 v3» на соли широкого спектра металлов (щелочноземельных, парамагнитических и т.п.) без формирования нерастворимых осадков. Отсутствие признаков увеличения хлоритов и монтмориллонитов подтверждает версию об отсутствии гидроксидов

Таблица 2.

Изменения ФЭС низкопроницаемых известняков ($T=170^{\circ}\text{C}$, $P=70\text{ МПа}$)

№ п/п	Интервал глубин, м	До обработки		Кислотный состав	После обработки	
		Кп, %	Кпр, 10^{-3} мкм^2		Кпр ¹ , 10^{-3} мкм^2	Кп, %
1	5287,50 – 5294,30	5,25	33,04	КОМПОНЕКС-21 v.3	86,21 (>10000 проницаемость по червоточине)	9,03
2	5287,50 – 5294,30	8,18	65,43	КОМПОНЕКС-21 v.3	148,33 (>8000) Возникла сеть множественных вторичных трещин	11,63

1. Коэффициент проницаемости после обработки: в числителе – от торца к торцу, в знаменателе – по направлению червоточки или трещин

Таблица 3.

Результаты фильтрационных работ

Глубина, м	До обработки					Кислотный состав	После обработки				Увеличение пористости	Увеличение газопроницаемости
	Пористость	Газопроницаемость	Прониц. по модели пластовой воды	Остаточная водонасыщенность	Эф. прониц. по нефти		Эф. прониц. по нефти	Пористость	Газопроницаемость	Прониц. по модели пластовой воды		
м	%	10^{-3} мкм^2	10^{-3} мкм^2	%	10^{-3} мкм^2		10^{-3} мкм^2	%	10^{-3} мкм^2	10^{-3} мкм^2	%	%
3000,35	11,2	5,445	0,224	27,3	0,521	Компонекс-21 v.3	выше 5000, сквозные каналы	Не отр.	∞	выше 5000, сквозные каналы		∞
2994,93	5,16	0,044	0,002	85,3	0	14% HCl + 3% уксусная к-та	0	6,18	2,185	0,006	19,7	4867
2994,93	5,49	0,029	0,001	82,2	0	Флаксокор 210 марка С	0	6,9	2,229	0,003	25,7	7585
2995,13	5,69	0,046	0	84,3	0	Персп. Состав для Баженя	0	6,66	1,335	0,001	17	2802

железа в продуктах реакции и возможное применение указанных составом в глинистых карбонатах и ряде терригенных коллекторов с монтмориллонитовым типом цемента.

В результате проведенных научно-исследовательских работ по тестированию кислотного состава пролонгированного действия «Компонекс-21 v.3» можно предварительно сделать заключение:

1. Скорость реакции рассматриваемого состава, в стандартных и пластовых условиях кратно ниже аналогичных параметров стандартных и модифицированных кислотных составов на основе соляной кислоты;

2. Отсутствие существенно дифференциации скорости нейтрализации состава в зависимости

от массового состава карбонатов (вещественного содержания породы);

3. Наличие признаков воздействия состава на различные соли металлов, а не только соли угольной кислоты – карбонаты.

На ряду с основными свойствами кислотного состава «Компонекс-21 v3» по растворяющей способности и минимизации (отсутствие) осадкообразования с ионами железа необходимо рассмотреть и практические параметры применения различных кислотных составов как степень негативного воздействия составов на глубинное оборудование скважины.:

Степень влияние рассматриваемого состава на глубинное оборудование оценено на примере исследований лаборатории Иркутской нефтя-

Таблица 4.

Результаты определения минералогического состава образцов до обработки кислотой «Комплекс-21 v.3» методом PCA по стандартной методике

N п/п	N лаб.	Признак	глинистые минералы					сумма, %	олевые шпаты кварц			сумма Qz+Шп, %	карбонаты			сумма, %	прочие минералы	
			Chl	Ill	Kaol	Sm	Mont		Alb	Mc	Qz		Cal	Dol	Sid		Anh	Pyr
			%	%	%	%	%		%	%	%		%	%	%		%	%
3	78/1	1	3,7	6,5	7,6	0,6	0,7	19,1	11,8	7,6	55,9	75,3	3	0	0,3	3,3	2,3	0

Примечание: Alb – альбит, Anh – ангидрит, Cal – кальцит, Chl – хлорит, Dol – доломит, Ill – иллит, Kaol – каолинит, Mc – микроклин, Mont – монтмориллонит, Pyr – пирит, Sid – сидерит, Sm – смектит, Qz – кварц

N лаб.	Признак	глинистые минералы					сумма, %	олевые шпаты кварц			сумма Qz+Шп, %	карбонаты			сумма, %	прочие минералы	
		Chl	Ill	Kaol	Sm	Mont		Alb	Mc	Qz		Cal	Dol	Sid		Anh	Pyr
		%	%	%	%	%		%	%	%		%	%	%		%	%
78/1	1	0,8	3,7	3,2	0	0	7,7	12,9	6,3	73,1	92,3	0	0	0	0	0	0

Примечание: Alb – альбит, Anh – ангидрит, Cal – кальцит, Chl – хлорит, Dol – доломит, Ill – иллит, Kaol – каолинит, Mc – микроклин, Mont – монтмориллонит, Pyr – пирит, Sid – сидерит, Sm – смектит, Qz – кварц

ной компании степени воздействия рабочего состава «Комплекс-21 v3» и модифицированных растворов соляной кислоты на:

1. Скорость растворения и степень растворимости цементного камня в данной кислоте в сравнении с 12% HCl + 4% Нефтенол К2. На низколегированную сталь 36Г2С по ГОСТ 51245, применяемую в трубной продукции для нефтяной и газовой промышленности

Как видно по результатам испытаний проведенных (Таблица 5) скорость растворения и объем растворения цементного камня в растворах «Комплекс-21 v3» в 1,5-2,0 раза ниже аналогичного параметра при реакции с растворами соляной кислоты;

Оценка коррозионного воздействия составов выполнены в специализированных лабораториях ООО «НЕФТЕГАЗСЕРВИС» и Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Исследование воздействия кислотных составов выполнено в два этапа, первый этап включал исследование кислотного состава на основе соляной кислоты и подбор ингибитора коррозии, для применения в условиях высокотемпературных скважин.

Согласно рекомендациям Американского нефтяного института API максимальные потери металла от коррозии при проведении кислотной обработки должны составлять 0,0244 г/см³, что при средней плотности углеродистой стали 7,8 г/см³ соответствуют 0,031 мм/год убыли толщины металла, что условно соответствует к поражениям питтингами рангом не выше 3 не влияющих на грузонесущие и прочностные свойства стали;

Для снижения коррозионной активности кислотного состава на базе соляной кислоты при моделировании работ на высокотемпера-

турных объектах использованы модифицированные солянокислотные составы с добавлением ингибиторов ВНПП-2, ФЛОЕТ-ИБ (опытная партия) и ВНПП-ФЛЭК-ИК-001, рекомендованных для проведения кислотных обработок в условиях высоких температур и применяемых при работах на объектах Астраханского ГКМ (температура пласта 110°C).

Коррозионной воздействию кислотного состава на основе соляной кислоты и степень защиты предложенных ингибиторов определена в лабораторных условиях гравиметрическим методом в соответствии с ГОСТ 9.505.86. В опытах использовались образцы-свидетели углеродистой стали НКТВ 73*7,0 группы прочности «М» ОАО «Первоуральского новотрубного завода» размером (50*20*2,5 мм) с отверстием диаметром 4,5 мм и соляная кислота марки «ХЧ» по ГОСТ 3118-77, лабораторные исследований проведены при двух концентрация соляной кислоты (15 %вес и 30 %вес) и рабочий состав Комплекс-21 v.3 (без ингибиторов коррозии). Время экспозиции каждого опыта составляло 2 часа (для высоких температур 82, 97, 99°C) и 4 часа (для стандартных условий 20°C).

Согласно полученным результатам (таблица 6) максимально допустимое время технологических операций (время коррозии углеродистой стали до уровня 0,0244 г/см³) при проведении обработки пласта кислотным составом на основе соляной кислоты с добавлением 2% ингибитора коррозии ВНПП-2 составляет 2,6 часа, аналогичный параметр при использовании кислотного состава на основе «Комплекс-21 v.3» достигает уровня 15 часов (без применения специальных ингибиторов коррозии).

В результате проведенных научно-исследовательских работ по тестированию кислотного со-

Таблица 5.
Скорость растворения и растворимость цементного камня

Наименование и объем раствора кислоты + время выдержки, ч	Масса цементного камня до теста, г	Масса цементного камня после теста, г	Растворяющая способность, %	Скорость растворения цементного камня, г/ч	Растворимость цементного камня, г/л
25 см ³ HCl (10 часов)	13,54	7,25	46,5	0,26	251,60
25 см ³ HCl (24 часа)	12,64	6,88	45,6	0,24	230,40
90 см ³ HCl (10 часов)	9,71	2,72	72,0	0,29	77,67
90 см ³ HCl (24 часа)	8,13	2,42	70,2	0,24	63,44
25 см ³ «К-21 v3» (10 часов)	12,51	9,83	21,4	0,11	107,20
25 см ³ «К-21 v3» (24 часа)	11,43	9,16	19,9	0,09	90,80
90 см ³ «К-21 v3» (10 часов)	9,05	5,31	41,3	0,16	41,56
90 см ³ «К-21 v3» (24 часа)	9,20	5,28	42,6	0,16	43,56

става пролонгированного действия «Комплексы 21 v.3» и оценки его качественных показателей-критериев: Минимальная скорость нейтрализации, практически одинаковая растворимость карбонатов различной литологии, отсутствие: осадкообразования, скорости негативного воздействия на цементный камень и глубинное оборудование рассматриваемый состав можно отнести к составу, содержащему оптимальный комплекс ингредиентов-ингибиторов всех осложняющих факторов осадкообразования и регулирования кинетики реакций с карбонатными породами.

Полученные результаты лабораторных работ нашли подтверждение при опытно-промышленных испытаниях состава на ряде скважин расположенных в низкопроницаемых трещиноватых карбонатных коллекторах, результаты которых приведены в **таблице 7**.

На 1 объекте пласта С₂b по результатам проведения большеобъемной кислотной обработки (>20 м³/п.м эффективной толщины перфорации) кислотным составом «Комплексы-21 v.3» на низкопористом (~4.0 %) и низкопроницаемом (0,4 мД) трещиноватом коллекторе зафиксировано формирование трещины длиной (~700 м) сопоставимой с результатами классического ГРП сопоставимого объема. При этом средняя приемистость пласта увеличилась более чем в 1,5 раза с 280 м³/сут до 440 м³/сут при репрессии 20-25 Мпа. Результаты гидродинамических испытаний приведены ниже в **таблице 8**.

Как видно из результатов ОПИ кислотный состав «Комплексы-21 v.3» показал хорошую корреляцию результатов, полученных в лаборатории и в реальных скважинных условиях.

Таким образом, по результатам, как лабораторных исследований, так и промысловых испытаний можно сделать вывод о перспективности

кислотного состава «Комплексы 21 v.3» для повышения эффективности кислотных обработок низкопористых и низкопроницаемых трещиноватых карбонатных коллекторов сложного литологического состава при любых, в том числе и в сложных термобарических условиях.

С точки зрения геологии:

Кислотный состав «Комплексы-21 v.3» активно использует проницаемые зоны, крайне медленно растворяя матрицу породы, вследствие чего его плотность, кислотность и вязкость крайне незначительно изменяются за время закачки, что позволяет ему проникать в коллектор насыщенный углеводородами в пределах от десятков и даже в случае низкопроницаемых трещиноватых коллекторов – сотни метров, что адекватно по результату гидроразрыву пласта (см.табл.8). При этом глубина проникновения и зона охвата кислотой мало зависит от температуры и давления и их влияния на скорость её нейтрализации и зависит только от закачиваемого объема кислоты и продавочной жидкости.

С точки зрения технического применения:

Кислотный состав «Комплексы-21 v.3» обладает относительно низкой коррозионной активностью, что позволяет проводить более длительные воздействия на призабойную зону пласта без ущерба для внутрискважинного оборудования. Кислотный состав «Комплексы-21 v.3» обладая меньшей растворяющей способностью по отношению к цементному камню и меньшей по порядку скоростью реакции с карбонатной породой, позволяет проникать кислоте в удаленные зоны пласта, предотвращая образование каверн в ближней зоне и разрушение цементного камня, что исключает возможность получения заколонных перетоков в результате кислотной обработки скважины. ❶

Таблица 6.

Допустимое время воздействия кислоты на глубинное оборудования, обеспечивающее потерю металла менее 0,0244 г/см³ (часов)

Температура °С	20	50	98	99	150
		30%	HCl		
Без ингибитора	1,04				
ФЛОЕТ ИБ	522.23	2.49	1.25	0.93	
ВНПП-2	512.38	2.47	0.94	0.91	
		15%	HCl		
Без ингибитора	6.03				
ФЛОЕТ ИБ			2.59		
ВНПП-2			2.64		
Комплексы-21 v.3					
Без ингибитора					15.17

Таблица 7.

Сравнительная таблица промысловых показателей после селективной обработки скважины кислотой «Комплексы-21 v.3»

Сравнительная таблица промысловых скважин					
Тип скважины	Глубина, м по а.о.	Мощность ИП, м	Температура °С	Дебит	
				до	после
Газовая скважина, республика Калмыкия	5120	35	157	0 м ³ /сут	20 тыс. м ³ /сут
Газовая скважина, республика Калмыкия*	5414	17	125	0 м ³ /сут	2*тыс.м ³ /сут
Нефтяная скважина, Чеченская республика	5453	24	185	0,15 м ³ /сут	7,6 м ³ /сут
Нефтяная скважина, Чеченская республика	4850	18	192	0 м ³ /сут	14,4 м ³ /сут

* Кратковременный режим фонтанирования, истощение ближней зоны пласта.

Тип скважины	Литология пласта	Глубина по а.о.	Мощность ИП, м	Температура °С	Дебит	
					До	После
Нефтяная скважина, Республика Коми	S _{1sn} Силлурийские отложения	3866	6		0 м ³ /сут	7,9 м ³ /сут
Нефтяная скважина, Республика Коми	S _{1sn} Силлурийские отложения	3866	6		7,6 м ³ /сут; период. режим работы	15 м ³ /сут пост. Режим работы
Нефтяная скважина Республика Коми	S _{1sn} Силлурийские отложения	3900	35		2,0 м ³ /сут	12,3 м ³ /сут
Нефтяная скважина Республика Коми	1-й объект C _{2b}	3796,07	2,0	50	0 м ³ /сут	9,1 м ³ /сут

Таблица 8.

Гидродинамические исследования

Регистрация КПД производилась 30.68 часов и была остановлена при изменении давления за последний час на КПД ~ 0.062 МПа/час. Установка прибора при регистрации на КПД, Н=2000.0м. Конечное давление 28.84 МПа. Обработка данных проведена в программе Сапфир, с целью прогноза пластового давления.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ГДИ (КПД)

Вязкость воды	0.95 мПа*сек
Объемный коэффициент	1
Сжимаемость	$8.84 \cdot 10^{-4}$ 1/МПа
Пористость	0.04 доли ед.
Эффективная толщина	2 м
Точка записи 2000.0 м	-1925.75 м (абс. отм.)
Пересчет давления на ВДП, глубина 3875.0 м	-3796.07 м (абс.отм.)
Забойное давление (пересчет от глубины 2000.0 м на кровлю интервала перфорации 3875.0 м (-3796.07 м), конечное по КПД	47.18
1 цикл нагнетания м ³ /сут	288
2 цикл нагнетания м ³ /сут	436.8

Вариант модели	Стандартная модель
Скважина	Вертикальная
Пласт	Трещина бесконечной проводимости
Граница	Бесконечная

Параметр:	Значение:	Ед. изм.:
Пластовое давление на кровлю интервала перфорации 3875.0 м (-3796.07 м), (метод наилучшего совмещения, Сапфир)	43.46	МПа
Проницаемость	0.49	мД
Полудлина трещины	718	м
Скин-фактор общий (геометрический)	-8.41	б.р.

UDC 622.276.63:552.543

S.A. Salnikov, General Director NOVA technology LLC, salnikov@n-tlg.ru

D.G. Ashigyan, ph.D, Deputy General Director for Science and Borehole Technology NOVA technology LLC, ashigyan@n-tlg.ru

A.S. Ilyin, Manager for geological department Service-nafta LLC, ilyin@snafta.ru

S.Yu. Rudokovskaya, ph.D., General Director Arctic-Gers LLC, ru@arctic-gers.ru

K.D. Ashigyan, Graduate student of Moscow State University of Fine Chemical Technology, kashigyan@gmail.com

HARD-TO-RECOVER RESERVES: MODERN CHEMICAL METHODS OF INTENSIFICATION OF INFLOW FROM LOW-PERMEABLE CARBONATE RESERVOIRS AND RESERVOIRS IN DIFFICULT THERMOBARIC CONDITIONS

Abstract: Currently, much attention is paid to issues related to the development of hard-to-recover reserves. The article is devoted to the consideration of one of the aspects of this multifaceted problem, namely: stimulation of the inflow from low-permeability carbonate reservoirs of various lithologies located in difficult thermobaric conditions. The article discusses the results of laboratory studies of various hydrochloric acid and other acidic compositions on samples of rock core material and pilot work on objects (layers) located at a depth of a.o. from -2500 m and more, with a permeability below 8 mD, having a fractured or fractured-cavernous reservoir type. The considered samples are confined to the Neftekum Formation (Republic of Kalmykia), Maikop Horizons and Cretaceous deposits (Chechen Republic), and Silurian deposits (Komi Republic), and the Upper Jurassic (Republic of Uzbekistan) and on ferruginous limestone deposits (Orenburg Region) with reservoir pressure from 36 to 95 MPa and reservoir temperature from 125 to 197 °C. Attention is paid to the importance of achieving a low rate of neutralization of the acid composition by the rock matrix, which allows it to penetrate deep into the reservoir and form permeability zones in fractured carbonate reservoirs comparable to those obtained by hydraulic fracturing. The issues of downhole equipment corrosion and the effect of acid compositions on the strength of cement stone are also considered.

Keywords: hard-to-recover reserves, chemical stimulation methods, dolomitic limestones, low-permeability reservoir, acid corrosion rate, fracture length during hydraulic fracturing.



**МАЙНЕКС Казахстан 2023: Ведущий отраслевой форум
по управлению природными ресурсами и модернизации
горнодобывающей промышленности**

**19-20 апреля 2023 года в Астане в Казахстане пройдёт
13-й ежегодный Горно-геологический форум МАЙНЕКС
Казахстан. Мероприятие будет посвящено теме
«Недропользование на благо национального развития»**

Форум МАЙНЕКС Казахстан неизменно является успешным и действенным мероприятием с момента его первого проведения в 2010 году.

Одной из ключевых целей Форума МАЙНЕКС Казахстан является содействие обмену знаниями и опытом между профессионалами отрасли со всего мира. Форум привлекает ведущих экспертов и лидеров отрасли из широкого спектра отраслей, включая горнодобывающую промышленность, геологоразведку, металлургию и мн. др. **13-й ежегодный Форум МАЙНЕКС Казахстан**, несомненно, станет информативным и ценным событием для всех участников.

В дополнение к своей профессиональной направленности, Форум МАЙНЕКС Казахстан также сфокусирован на содействии общему развитию горно-геологической промышленности в Казахстане и странах Центральной Азии. Форум помогает развивать сотрудничество и партнёрские отношения между экспертами, компаниями и государственными и негосударственными организациями, что в конечном итоге стимулирует развитие успешных проектов и укрепление отрасли в целом.

В этом году форум пройдёт в гибридном формате, допускающем как очное, так и дистанционное участие. Ожидается, что он привлечёт широкий круг участников, включая руководителей национальных и международных горнодобывающих и геологоразведочных компаний, сервисных и технологических компаний, отраслевых министерств и межправительственных организаций, а также инвестиционных фондов и банков.

Прошедший в 2022 году Форум МАЙНЕКС Казахстан собрал **более 900 делегатов и посетителей из 170 горно-металлургических компаний, органов власти и производителей оборудования из 16 стран мира**.

На форуме 2023 года эксперты из Казахстана, стран Евразийского экономического сообщества, Европы, Америки, Австралии, Китая и Юго-Восточной Азии получат возможность обсудить ключевые тенденции и практики, связанные с финансированием, капитальным строительством, повышением эффективности производства и снижением воздействия на окружающую среду. Руководители отрасли и специалисты различных министерств, ассоциаций и компаний также представят планы по совершенствованию управления в сфере управления недропользованием.

В дополнение к этим дискуссиям технологические и сервисные компании проведут мастер-классы и бизнес-презентации с инновационными решениями для всей горнодобывающей цепочки, от разведки до масштабной трансформации. Эти презентации предоставят ценную информацию и практические решения для участников, желающих повысить свой профессионализм и оставаться в курсе новейших технологий и лучших практик в отрасли.

Помимо основной программы, Форум МАЙНЕКС Казахстан также включает в себя **выставку**, где посетители могут узнать о новейших продуктах и услугах. Выставка даёт всем участникам прекрасную возможность пообщаться и открыть для себя новые возможности для бизнеса.

В дополнение к основной программе форум МАЙНЕКС Казахстан также включает в себя ряд **специальных мероприятий**.

Одним из таких мероприятий является конференция **«Mining Goes Digital»**, которая будет посвящена роли цифровых технологий в горно-геологической отрасли. Конференция соберёт экспертов из различных секторов, чтобы обсудить последние тенденции и лучшие практики в области цифровых инноваций и то, как их можно применить в решении производственных задач. У участников будет возможность узнать о новейших технологиях и инструментах, а также о том, как их можно использовать для улучшения операций и повышения эффективности на своих предприятиях.

Ещё одной изюминкой Форума МАЙНЕКС Казахстан является конкурс **MineDigital**, который представит инновационные цифровые проекты в горно-геологической отрасли. Конкурс открыт для компаний и организаций, реализовавших успешные цифровые проекты в горнодобывающей отрасли.

Кроме того, в рамках Форума МАЙНЕКС Казахстан также пройдёт конкурс **MinInvest**, который отберёт наиболее привлекательные инвестиционные проекты в горно-геологической отрасли. Данный конкурс открыт компаниям или организации, реализующих инвестиционные проекты в горнодобывающей отрасли в Казахстане и странах Центральной Азии.

Победители обоих конкурсов будут определены группой экспертов и получат призы и поддержку своих проектов.

В целом, 13-й ежегодный Форум МАЙНЕКС Казахстан готовится стать значимым для отрасли и профессионалов событием.

Для получения дополнительной информации, пожалуйста, напишите kz@minexforum.com

Регистрация на сайте форума 2023.minexkazakhstan.com

IMC MONTAN ПОЗДРАВЛЯЕТ С НОВЫМ ГОДОМ

Уважаемые Коллеги, Клиенты и Партнёры!

Для всех уходящий 2022 год запомнится переживаниями и экономическими колебаниями. Но все мы понимаем, что в рамках сформировавшегося ресурсно-сырьевого и технологического уклада, Российская Федерация занимает уникальное место, являясь одновременно крупным производителем, потребителем и экспортером большинства видов полезных ископаемых.

В экономике России горнодобывающая промышленность занимает существенное место, играет базовую роль в формировании бюджета страны и является крупнейшим заказчиком для других отраслей. Вызовы, которые нам принёс уходящий год, стимулируют воспроизводство минерально-сырьевой базы, развитие инновационных технологий, укрепление национальных систем, обеспечивающих устойчивое развитие и эффективность горной отрасли.

В преддверии Нового 2023 года желаем сохранить патриотизм в сердцах, светлый ум и рабочее настроение, которые позволят при постановке задач на следующий год реализовать в ближайшей перспективе все необходимое для обеспечения стабильности.

Желаем Всем устойчивой деятельности и рентабельного бизнеса! Качественных проектов, развития геологоразведочного направления, хороших объёмов добычи, эффективной переработки, развития горного и обоганительного машиностроения и расширения логистических возможностей поставок. Чтобы инвестиции в развитие позволяли не только вводить в эксплуатацию новые предприятия, но и достигать новых горизонтов научно-технического потенциала, обеспечивать экологическую и производственную безопасность и социально-экономическое развитие страны!

Пусть в 2023 году мы сможем преодолеть вызовы и риски, повысит результативность и эффективность всех уровней управления в отрасли, что позволит всем нам работать во благо национальным целям и стратегическим задачам развития!

С уважением, Никишичев С.Б. и команда IMC Montan





Богуславский М.А.
кандидат геолого-
минералогических наук, МГУ им
М.В. Ломоносова, доцент,
mboguslavskiy@yandex.ru

РАЗМЫШЛЕНИЯ НА ТЕМУ ВВЕДЕНИЯ НОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СПИСОК СТРАТЕГИЧЕСКИХ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ПОЯВЛЕНИЕ ТЕРМИНА «ДЕФИЦИТНЫЕ ВИДЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ»

Рассмотрены вопросы обоснованности изменения списка стратегических полезных ископаемых, а также вопросы выделения новой для РФ группы – «дефицитные полезные ископаемые». Дан критический взгляд на особенности минерально-сырьевой базы РФ для ряда полезных ископаемых. Предложены возможные пути совершенствования способов оценки эффективности реализуемых мер для пополнения и контроля состояния минерально-сырьевой базы РФ.

Ключевые слова: стратегическое минеральное сырье, стратегия, минерально-сырьевая база, дефицитные полезные ископаемые.

Список стратегических видов минерально-го сырья до 2022 года не менялся более 25 лет. В 2022 году список был значительно расширен (61 позиция против 29), основным вопросом остается будут ли какие-то последствия от увеличения этого списка. Анализ данных РОСНЕДР показывает, что основные средства (до 53%) направлялись в высоколиквидные виды минерального сырья [1]. Стратегия предполагает уменьшение доли государственного финансирования, а при этом доступ к стратегическим видам минерального сырья частных денег является затрудненным. Никаких

данных о выделение новых средств на «новые» стратегические виды обнаружить не удалось.

В стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года сказано «...В соответствии с потребностями национальной экономики существенно изменились и продолжают меняться направления использования различных видов полезных ископаемых, появляются новые их источники, в связи с чем перечень основных видов стратегического минерального сырья целесообразно уточнять с периодичностью 5-6 лет» [8]. Однако не понятно, что геологиче-

ские службы страны могут сделать за этот период (при том еще, что сам список и его пересмотр пока носят умозрительный характер). Полный период выхода объекта на проектную мощность, без учета возможных накладок и с учетом очень успешных поисковых работ – это 20-25 лет. Столь частый пересмотр приоритетов в геологии приведет только к начатым и незаконченным поисковым проектам.

Дефицитные виды минерального сырья

В стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года впервые в российских официальных документах появляется понятие «дефицитные полезные ископаемые», которые отнесены к третьей группе. Это «полезные ископаемые, внутреннее потребление которых в значительной степени обеспечивается вынужденным импортом и (или) складированными запасами. К этой группе относятся полезные ископаемые, минерально-сырьевая база которых в России характеризуется преимущественно низким качеством...» [8]. Однако некоторые месторождения дефицитных полезных ископаемых (хрома, редкоземельных металлов) сопоставимы по качеству с разрабатываемыми месторождениями за рубежом, что делает особенно актуальным разработку и применение специальных механизмов стимулирования их освоения. Для начала освоения неразрабатываемых месторождений марганца, урана, хрома, либо возобновления добычи полезных ископаемых на ранее эксплуатируемых месторождениях йода, брома, плавикового шпата, лития, бериллия, оптического сырья необходимо внедрение эффективных технологий обогащения и переработки минерального сырья.

При этом полностью отсутствует обоснование. Эти понятия вводятся как аксиома. По какой причине введены в эту стратегию редкоземельные металлы? В России, к сожалению, почти отсутствует собственное потребление этих металлов, что показала история с заводом по их производству, который был закрыт. Была отработана технология выделения отдельных редкоземельных элементов, причем нескольких из руд одного месторождения (лопаритовый концентрат Ловозерского месторождения), но, получив довольно дорогой конечный продукт и невысокий внутренний спрос, приняли решение о продолжении закупки этих редкоземельных элементов в Китае с консервацией собственного производства [5]. При этом в РФ подготовлено к отработке (с точки зрения геологии) несколько уникальных объектов: Томтор, Белозиминское, Чуктуконское, лежат хвосты различных предприятий, содержащие в разных концентрациях редкоземельные элементы.

Даже есть технологии извлечения, пока только полупромышленные испытания, но нужно же с чего-то начинать. Редкоземельные элементы – это довольно большой список. Потребность в поставках каких именно из этих элементов испытывает экономика России из этого документа остается неясным, а это разные месторождения и разные технологии извлечения.

Другой пример это введение как дефицитного полезного ископаемого каолина. Если следовать рекомендациям ГКЗ, то такое полезное ископаемое вообще отсутствует, а если говорить о классификации принятой, например, в США, то так или иначе к каолину (следуя определению геологического словаря) можно отнести: ball clay, common clay; fire clay, kaolin [9]. По каждому из этих видов глин в США отдельно ведется статистика. Все эти виды минерального сырья охватывают огромное количество различных отраслей экономики от бумажной и сталелитейной до кирпичной. Возникает вопрос, что из этого всего многообразия отнесено к дефицитному минеральному сырью? И почему ГОСДОКЛАД учитывает только цементную промышленность (при этом делая акцент на карбонатном сырье), если каолин отнесен к дефицитному виду полезного ископаемого?

Отсутствие критериев выделения дефицитного сырья приводит к отсутствию прозрачных приоритетов. Какой ресурс является наиболее необходимым не ясно. Следуя логике вложения бюджетных средств РОСНЕДР, можно сказать, что основной приоритет – это золото, как наиболее ликвидный вид полезных ископаемых, но оно не отнесено к дефицитным.

Критерии оценки развития МБС

В стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года ставятся вполне конкретные цели: «Показателем, определяющим результативность развития минерально-сырьевой базы в части экономической и энергетической безопасности страны, является соотношение прироста запасов полезных ископаемых и их добычи ..., для третьей группы полезных ископаемых ... целевое значение показателя устанавливается на уровне 75 процентов, а предельно допустимое – на уровне 50 процентов» [8].

Для оценки состояния МБС страны этот показатель крайне мало информативен, особенно, если речь идет о полезных ископаемых с разной товарной продукцией на выходе. Таким показателем можно оценивать состояние МБС золота, так как продуктом всегда является чистый металл после аффинажа, но и здесь нужно смотреть комплексно. В данный момент Россия имеет крайне скудные ресурсы для пополнения своих запасов золота (сравнивая с объемами

добычи). Поэтому не менее важной проблемой является слабое пополнение ресурсной базы, которое в данный момент происходит крайне низкими темпами и с вызывающей вопросы достоверностью проводимых работ. Это ведет к необходимости повышения эффективности регионального геологического изучения недр [1,7].

Для полезных ископаемых с разной товарной продукцией сложность заключается еще и в том, что для производства разных видов продукции требуются разные источники сырья. Например, возьмем стратегическое и дефицитное полезное ископаемое – титан. Как показано на **рисунке 1** концентрат бывает сфеновый, лопаритовый, рутиловый, ильменитовый, рутил-лейкоксеновый. Все это минералы титана и получают их из разных месторождений. Немалая часть сфена идет в отвалы, и титаномагнетит нередко идет в отвалы, а ильменитовый и рутиловый концентрат приходится импортировать.

При этом МБС титана полностью соответствует целевым показателям стратегии (**рис. 2**). Не смотря на небольшой провал 2020 года, динамика прироста запасов явно положительная. Однако импорт продолжается (**рис. 1**) и введение в эксплуатацию новых объектов сильно не меняет ситуацию и, видимо, импорт продолжится.

При этом стоит отметить разнонаправленное движение главного (как указано в Госдокладе) продукта из титана, а именно пигментного титана. В 2020 году было вывезено на экспорт 42 тыс. т, и при этом импортировано 59,8 тыс. т (**таблица 1**).

Возможно, качество пигментного диоксида титана бывает разным, а возможно есть проблемы с логистикой, однако, очевидно, что не все можно описать простым соотношением прироста запасов к добыче полезного ископаемого из недр. Этот показатель тоже важен, но не может быть исчерпывающим.

Критическое минеральное сырье

Возможным выходом может быть введение понятия «критического минерального сырья» для оценки реальной необходимости производства внутри РФ, а также для оценки риска поставок этого минерального сырья.

Причем риск поставок очень интересный и многогранный показатель, который может включать не только количество возможных поставщиков и их лояльность, но и возможность этих поставок. Довольно образно этот тезис выразил академик Бардин И.П. в 1941 г.: «... если к нам от союзников привезет молибденовую руду хоть один пароход, ее нам хватит на всю войну. Ну а если придётся возить глину, то весь флот, наш и союзников, не сможет привезти ее столько, сколько нам необходимо» [6].

Для выделения действительно критического для экономики РФ сырья необходимо оценивать глубину использования российскими производителями, потому что порой получается, что производители используют «полуфабрикаты» и наращивание минерально-сырьевой базы не приведет к меньшей зависимости.



* подготавливаемые месторождения показаны контуром

Рис 1. Структура титановой промышленности РФ [4]

Во многих документах указана проблема с отсутствием технологий в РФ, но, к сожалению, нет понимания, что нужно обрабатывать технологии, возможно, с покрытием некоторых убытков со стороны государства. Хорошим примером является ТЭО, предложенное по месторождению Томтор. Планируемая мощность комбината составит 160 тыс. тонн руды в год (в сухом весе). Руды планируется перевозить и перерабатывать на заводе в г. Краснокаменск Забайкальского края. Комбинат будет производить оксид ниобия, который будет направляться на сторонний завод в виде давальческого сырья для производства феррониобия. Коллективный концентрат карбонатов редкоземельных элементов (РЗЭ), который будет транспортироваться на сторонний разделительный завод в виде давальческого сырья для производства оксидов Се и La, оксида NdPr, а также смешанного концентрата карбонатов средних и тяжелых РЗЭ [10]. Таким образом, мы получаем схему со сторонним производителем отдельных редкоземельных элементов и в целом товарной продукции. Сторонний производитель, видимо, находится в Китае, а значит это не решит проблему с зависимостью РФ от других стран по поставкам этих элементов.

В целом, количество использованного внутри страны «элемента» (добытого на месторождениях, прошедшего весь цикл и использованного на производстве внутри страны) показывает глубину собственных технологий и уровень реального производства в стране.

Финансирование ГРР на стратегические и дефицитные полезные ископаемые

Начиная с 2019 года на каждый рубль бюджетного финансирования, вложенный в геологоразведочные работы, будет приходиться не менее 10 рублей средств недропользователей. Необходимое развитие геологоразведочных компаний малого и среднего бизнеса обеспечит поступление дополнительных инвестиций в геологоразведочную отрасль для проведения ранних стадий геологоразведочных работ, повысит уровень изученности недр в целях увеличения объемов воспроизводства минерально-сырьевой базы и открытия новых месторождений [8].

Стоит ли надеется, что частный бизнес будет столь же активен во вложениях в МСБ стратегических полезных ископаемых, как он активен в «высоколиквидных» полезных ископаемых. Будет ли обеспечено открытие месторождений с качественными рудами как того требует стратегия. Возможно, стоит вести раздельно статистику по разным стадиям ГРР, чтобы явно превосходящие по объему финансирования, но не столь рискованные стадии (предварительная и детальная разведка) сильно не смещали этот показатель и не маскировали истинное положение дел.

Выделение отдельной группы «дефицитных полезных ископаемых», наверное, требует пересмотра направления вложения бюджетных средств: с «высоколиквидных» в полезные ископаемые, которые действительно нужны для экономики страны. А для этого нужно расставить приоритеты, так как на «всё» ресурсов не хватит.



Рис 2. Динамика прироста/убыли запасов титана категорий А+В+С₁ и добычи в 2011-2020 гг., тыс. т TiO₂ [4]

Таблица 1.

Использование сырьевой базы титана Российской Федерации [4]

	2018	2019	2020
Производство пигментного диоксида титана, тыс. т	72,6	76,5	65
Экспорт пигментного диоксида титана, тыс. т ²	35,2	46,5	42,1
Импорт пигментного диоксида титана, тыс. т ²	51,6	53,6	59,8

Заключение

Наличие минеральных ресурсов в недрах останется одним из важнейших конкурентных преимуществ российской экономики, определяющим место и роль страны на международной арене [8].

Выделение отдельных категорий полезных ископаемых требует более тонкого подхода и понимания зачем это делается. Выглядит более логичным введение внутри группы дефицитных видов минерального сырья ранжирования потребности экономики РФ или введение понятия «критического минерального сырья» с учетом разных критериев: риск поставок, реальные потребности нашей промышленности и т.д.

Оценка эффективности применяемых мер пока выглядят неполноценной. Отношение добычи из недр к пополнению запасов за счет разведки и переоценки – очень важный параметр, но не исчерпывающий. Требуется введения большего набора

параметров: оценка вложений денежных средств не в целом, а по стадиям; выделение и отдельный учет именно необходимых для промышленности типов руд и/или товарной продукции и т.д.

Стратегии всех министерств и ведомств должны быть увязаны к единым целям и задачам и обеспечены соответствующими сроками бюджета. В противном случае затраты на создание стратегий и наши ссылки на эти документы не имеют никакого смысла.

Необходимо понимание, что ресурсы ограничены и их использование должно вести к конкретным результатам. Вложение бюджетных средств в оценку месторождений драгоценных металлов является абсолютно неэффективным. Возможно, при вложении бюджетных средств, стоит сфокусироваться на подготовке поисковых площадей для разных видов стратегических и дефицитных видов полезных ископаемых. XXI

Литература

1. Богуславский М. А., Вильданов Д.И. Стратегия развития МСБ РФ до 2035 через призму работы Федерального агентства по недропользованию. Недропользование XXI, 92(5-6):82–90, 2021.
2. Богуславский М. А., Словогородский С. А. Сколько нужно месторождений полезных ископаемых для производства одного мобильного телефона? Природа, (09):1, 2022.
3. Вильданов Д. И., Богуславский М. А., Коршунов Д. М. Особенности и перспективы российской минерально-сырьевой базы золота. Недропользование XXI, (6):39-46, 2020.
4. Государственные доклады «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации» 2021 год
5. Клапатюк М.А. «Акрон» останавливает производство редкоземельных элементов в Великом Новгороде из-за нерентабельности. Новгородские ведомости. №18-21.
6. Петров В.П. Глины в природе, технике, искусстве. – М.: Знание, 1990. –48с.
7. Ставский А.П., Михайлов Б.К. Основные задачи государства в сфере воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2019. №5. С. 28-34.
8. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года.
9. USGS: Clays report // Mineral Commodities Summary 2021
10. <https://www.polymetalinternational.com/ru/investors-and-media/news/press-releases/19-04-2021/> (обращение 13.01.2023).

UDC 553.041

M.A. Boguslavskiy, PhD, Associate Professor, Department of Geology, Geochemistry and Economics of Mineral Resources, Lomonosov Moscow State University, mboguslavskiy@yandex.ru

REFLECTIONS ON THE EXPANDING THE LIST OF STRATEGIC TYPES OF MINERAL RECURSES AND THE APPEARANCE OF THE TERM «CRITICAL MINERALS»

Abstract: The issues of validity of changing the list of strategic minerals are considered. The issues of allocation of a new group for the Russian Federation – critical minerals are considered. I give a critical look at the features of the mineral resource base of the Russian Federation for a number of minerals. I suggested possible ways of improving the issues of evaluating the effectiveness of implemented measures to refill and control the state of the mineral resource base of the Russian Federation.

Keywords: Strategic mineral resources, strategy, mineral resource base, critical minerals.

2023

*Сердечно поздравляем всех коллег
и редакцию журнала "Недропользование XXI век"
с наступающим*

*Новым Годом,
желаем крепкого здоровья, счастья и благополучия
Вам и вашим близким!!!*

 **ОРЕОЛЛ**

www.oreall.ru
8 (495) 640 90 91
info@oreall.ru



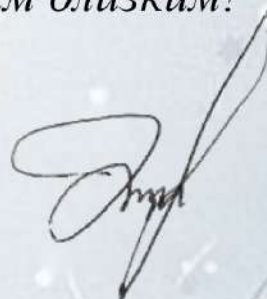
ТОМС[®]

ПРОЕКТ

*Уважаемые коллеги!
Мы поздравляем Вас С Новым 2023 Годом!*

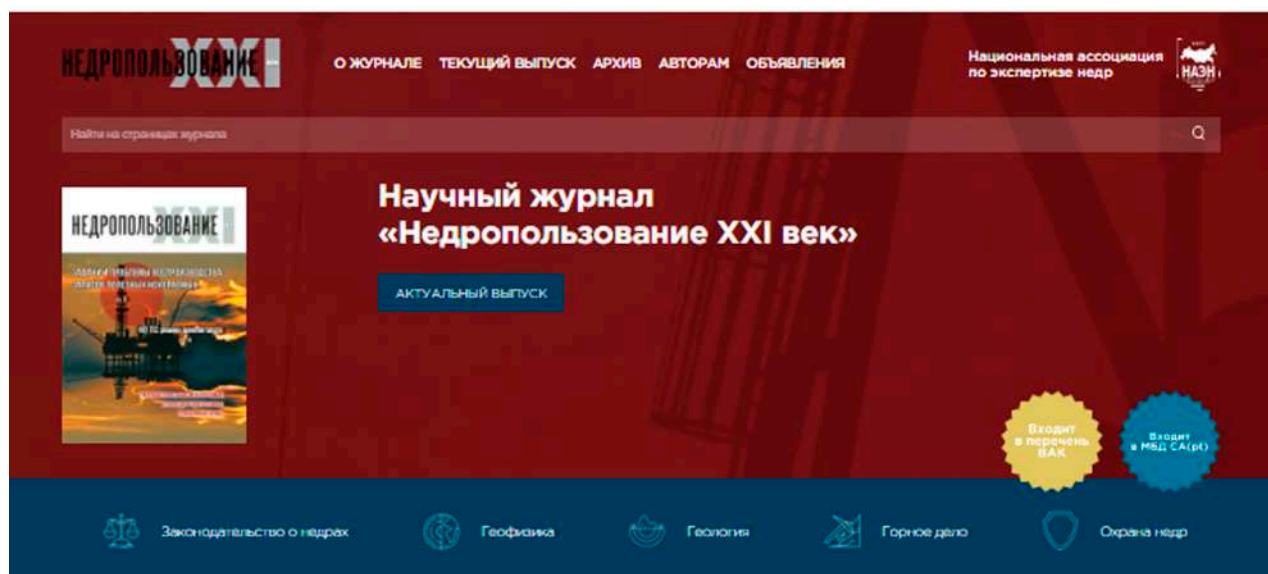
*Желаем новых интересных проектов, успехов во всех начинаниях и личного благополучия!
Пусть Новый год принесет Вам удачу и успех во всем,
Пусть свершатся самые смелые планы, а все перемены приведут к стабильности и Вашему процветанию.
Здоровья Вам и Вашим близким!*

*С уважением,
Директор ООО "ТОМС-проект"*



Боков Н.С.





О научном журнале


Научно-технический журнал для людей, углубленно интересующихся актуальными вопросами рационального недропользования.

Освещает актуальные проблемы законодательства, регулирующего отношения в сфере недропользования; отечественные и мировые стандарты оценки запасов и ресурсов полезных ископаемых; инновационные технические решения и новые технологии разведки и разработки месторождений; проблемы импортозамещения; дает анализ ситуации, состояния и перспективы развития минерально-сырьевой базы России; демонстрирует тенденции на внутреннем и мировом рынках сырья.

[ПОДРОБНЕЕ](#)

ОБРАЩЕНИЕ главного редактора Д. Б. Бурдин

Добро пожаловать на сайт электронное издание научного журнала «Недропользование XXI век», учредителем которого является Ассоциация организаций в области недропользования «Национальная ассоциация по экспертизе недр».



[ЧИТАТЬ ДАЛЕЕ](#)

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!
ОБНОВЛЕН САЙТ ЖУРНАЛА “НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ XXI”
ТЕПЕРЬ ВСЕ ВЫПУСКИ ЖУРНАЛА
МОЖНО НАЙТИ ПО АДРЕСУ:
NEDRA21.RU





НАЭН

НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ПО ЭКСПЕРТИЗЕ НЕДР

15

Более 15 лет экспертизы
недропользования и
содействия развитию отрасли

**Партнер государства в вопросах развития
системы государственного регулирования
недропользования**

- Разработка и внедрение отраслевых стандартов и технических требований
- Содействие привлечению инвестиций в отрасль, развитие юниорного бизнеса
- Общественный регулятор сервисного сектора



Комплексный горно-геологический аудит и консалтинг в недропользовании по российским и международным стандартам - JORK, кодексу НАЭН и др

- Аудит инвестиционной привлекательности. Сопровождение лицензирования.
- Защита прав и законных интересов недропользователей и сервисных компаний, проведение экспертиз результатов и качества выполняемых сервисными компаниями работ



**Образовательная
деятельность**

- Научно-исследовательская работа (в т.ч. оценка ресурсного потенциала и значимости лицензионного участка перед возвратом его государству, оценка адекватности применяемой методики ГРП реальной геологии лицензионного участка, региона)
- Развитие профессионального экспертного сообщества и международных связей



**Издательская
деятельность**

- Внедрение инноваций (в т.ч. обсуждение в дискуссионном клубе журнала "Недропользование XXI век" инновационных методов, методик, способов, технологий, перед представлением их на ЭТС "ГКЗ", поиск партнеров для апробации и внедрения в производство инновационных методов, методик, способов, технологий)