

№ 1 (102) февраль 2024

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

БЕК

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНОК И РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ



ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ
УГЛЕВОДОРОДНОЕ СЫРЬЕ
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

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



НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

ВЕК

Научно-технический журнал

Nedropolzovanie XXI vek

Межотраслевой
научно-технический журнал

12+

№ 1 февраль 2024

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»
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 ФГУ «ВНИГНИ», канд. геол.-минерал. наук
С.М. Миронов, 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 ФГУ «Росгеолэкспертиза», 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 – ЭСТАгео
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 углехимии 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, sgjmd@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. Гудиев, 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. Рогальский, 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@lut.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.burdin@yandex.ru
Выпускающий редактор – Наталья Решмакова, reshmakova@naen.ru
Редактор-корректор – Марина Сорокина, m.sorokina@naen.ru
Ведущий аналитик – Сергей Матвейчук, matvichuk@naen.ru
Ведущий редактор – Елена Поваренкова, e.povarenkova@naen.ru
Верстка – Мария Даченко, 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 29.02.2024

Формат 60x90/8, объем 19 п.л.
Печать: ООО «Роликс»
Заявленный тираж 5000 экз.
Подписные индексы по каталогам:
«Урал-Пресс» – 014055
«Недропользование XXI век», 2023.

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

С 2006 года журнал реферировается Chemical Abstracts CA(pt).
Журнал включен в Перечень ведущих научных изданий, рекомендованных ВАК, при Министерстве науки и Высшего образования Российской Федерации.
В 2023 году журналу присвоена категория К2.

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

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



Здравствуйте дорогие друзья!

Приветствую вас на страницах нашего журнала!

Рад сообщить, что аудитория нашего журнала растет, как и глубина рассматриваемых в нем вопросов.

Вместе с тем, выход нашего журнала совпал по времени с ежегодным посланием Президента В.В. Путина Федеральному Собранию, определившему стратегические приоритеты России на ближайшую перспективу.

В своем ежегодном послании Президент задал направление на развитие суверенной экономики, в том числе определил и приоритеты развития горногеологической отрасли: достижение технологического суверенитета, поиск редкоземельных материалов, другого сырья для новой экономики, внедрение перспективных технологий, способствующих технологическому прорыву, максимизации добавленной стоимости конечного товарного продукта путем внедрения элементов глубокой переработки минерального сырья.

Решение этих задач лежит не только в области поиска и разведки месторождений, но и в области интенсификации научно-технологических решений по освоению и переработке уже разведанных источников сырья. Ведь зачастую мы не можем освоить эти месторождения по причине отсутствия инфраструктуры (транспортной, энергетической) либо отсутствия конкурентоспособных технологий извлечения полезных компонентов.

Успех в этом деле возможен лишь в результате совместных усилий со стороны государственных органов регулирования, производителей, фундаментальной и прикладной науки. В нынешних экстремальных геополитических условиях времени на «раскачку» ради будущих поколений у нас практически нет.

Дорогие друзья, приоритетом нашего журнала, НАЭН, ОЭРН является всяческое содействие этому процессу.

Приглашаем всех неравнодушных высказываться на страницах нашего журнала по всем актуальным вопросам развития отрасли!

С уважением, Д.Б. Бурдин

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА НОМЕРА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНОК И
РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ**

№ 1
февраль 2024

ВОПРОС НОМЕРА

- 6 *А.Н. Лазарев, Е.Н. Мальцев*
Применение технологий трехмерного цифрового моделирования для повышения эффективности проведения государственной экспертизы запасов полезных ископаемых

15 НОВОСТИ ИЗ КОМИТЕТА ГД

НАУКИ О ЗЕМЛЕ: СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА

- 18 *А.В. Лыгач*
К вопросу о целесообразности первоочередного освоения крупного месторождения желваковых фосфоритов Подмосковья
- 24 *М.А. Богуславский*
Эксплуатационное опробование в современной России
- 28 *Д.И. Желдаков*
Апрелевское отделение ВНИГНИ – базовое кернохранилище Федерального фонда кернового материала Всероссийского масштаба

НАУКИ О ЗЕМЛЕ: ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА

- 32 *В.Л. Уланов, Е.В. Иванова, И.С. Сёмина*
Оценка перспектив развития российской угольной промышленности
- 43 *Ш.М. Ахунов*
Применение подземных минерализованных вод для поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях
- 48 *М.А. Климкин*
Анализ параметров устойчивости горных выработок в условиях угольного предприятия
- 54 *П.М. Косьянов, В.Г. Краснов*
Использование термальных пластовых вод для повышения нефтедобычи
- 58 *И.О. Ходаков, А.Н. Шандрыгин*
К вопросу оптимизации технологических режимов скважин для повышения эффективности разработки газоконденсатных месторождений

ЭКОЛОГИЯ

- 64 *А.П. Белоусова*
Научные основы концепции экологического мониторинга подземных вод на объектах нефтегазового комплекса

ДИСКУССИОННЫЙ КЛУБ

- 72 *В.Н. Устьянцев*
Синтез УВ и нефти

ISSUE TOPIC**CONSTRUCTION OF MODELS
IMPROVING THE RELIABILITY OF
ESTIMATES AND RATIONAL SUBSOIL USE**

№ 1
february
2024

ISSUE TOPIC

6 *A.N. Lazarev, E.N. Maltsev*

Application of three-dimensional digital modeling technologies to improve the efficiency of state expertise of mineral reserves

15 **STATE NEWS****EARTH SCIENCES: COMMODITIES BASE AND GEO EXPLORATION**

18 *A.V. Lygach*

On the issue of the expediency of the primary development of a large deposit of zhelvak phosphorites in the Moscow region

24 *M.A. Boguslavskiy*

Operational testing in modern Russia

28 *D.I. Zheldakov*

The Aprelevka branch of VNIGNI is the basic core storage facility of the Federal Core Material Fund of the All-Russian scale

EARTH SCIENCES: MINING AND PROCESSING

32 *V.L. Ulanov, E.V. Ivanova, I.S. Semina*

Assessing the development prospects of the Russian coal industry

43 *Sh.M. Ahunov*

Application of underground mineralised water to maintain reservoir pressure at oil fields

48 *M.A. Klimkin*

Analysis of mining stability parameters in the conditions of a coal enterprise

54 *P.M. Kosianov, V.G. Krasnov*

The use of thermal reservoir waters to increase oil production

58 *I.O. Khodakov, A.N. Shandrygin*

On the issue of optimizing technological modes of wells to improve the efficiency of gas condensate deposits development

ECOLOGY

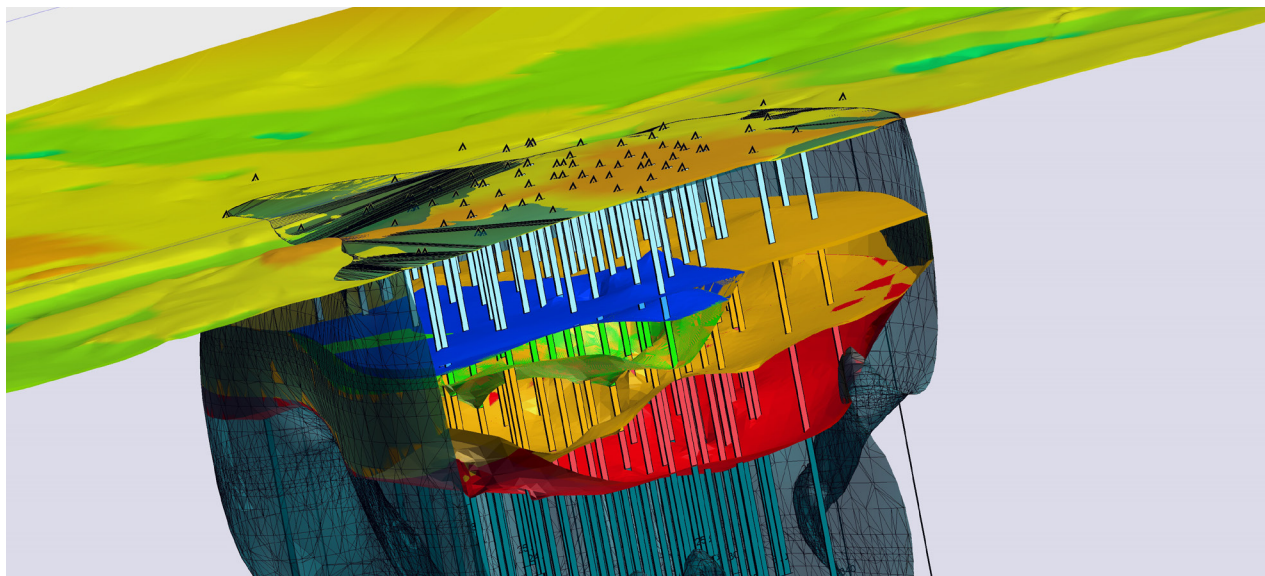
64 *A.P. Belousova*

Scientific basis of the concept of ecological groundwater monitoring at oil and gas complex

DISCUSSION CLUB

72 *V.N. Ustyantsev*

Energy of synthesis of mineral raw materials



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОГО ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Современные методы 3D моделирования рудных месторождений, дающие количественную оценку пространственной изменчивости границ рудных тел и содержания металлов, необходимы как для принятия решений при освоении и разработке месторождений, так и для технико-экономического обоснования кондиций и утверждения запасов в ГКЗ. Подсчеты запасов, выполненные с помощью традиционных методов оценки, очень трудозатратны и как правило трудно проверяемы. Рассмотренные в статье современные методы компьютерного моделирования, используемые российскими геологами и экспертами ГКЗ, позволяют эффективно и менее трудозатратно получать более достоверные результаты оценки запасов месторождений.

Ключевые слова: ТПИ, оценка запасов, блочное моделирование, методы подсчета запасов.



Лазарев А.Н.
ФБУ «ГКЗ»
начальник отдела
металлов Управления
запасов ТПИ
lazarev@gkz-rf.ru



Мальцев Е.Н.
ООО «НИИПИ ТОМС»
главный специалист отдела
геологии,
ГИ КНЦ РАН ведущий инженер
evg65@mail.ru

И для кого не секрет, что уже несколько лет после развала СССР и перехода к рыночной экономике, бытует расхожее мнение, что государственная экспертиза запасов изжила себя и является анахронизмом [1]. Авторы данной статьи считают, что самым эффективным средством борьбы с подобным мнением является существенное повышение эффективности проведения государственной экспертизы запасов полезных ископаемых за счет внедрения передовых технологий цифрового и в том числе блочного моделирования и безотлагательная актуализация методических и нормативных документов.

Цели данной статьи и последующих работ по повышению качества проведения госэк-

спертизы могут быть кратко сформулированы в следующих основных направлениях:

1. Рекомендации по повышению качества моделей, представляемых на госэкспертизу

2. Рекомендации по повышению качества выполнения госэкспертизы

3. Постепенный полный переход экспертизы на обязательное массовое использование трехмерных цифровых моделей, создаваемых при подсчете запасов и ТЭО кондиций, и одновременный отказ от устаревших традиционных методов подсчета запасов.

4. Создание единой системы и одинаковых правил игры и для независимого аудита, и для государственной экспертизы месторождений ТПИ, так как это уже реализовано для месторождений углеводородов.

Любое геологическое явление в том числе и запасы полезных ископаемых может быть охарактеризовано множеством признаков, поддающихся наблюдению и измерению, главным образом в цифровых значениях. Множество цифровых признаков имеет неравномерное распределение в трехмерном пространстве и поэтому для решения задач при подсчете запасов и ТЭО кондиций месторождений ТПИ должен использоваться комплекс методов построения трехмерных цифровых моделей.

Главное преимущество современных методов компьютерного моделирования по сравнению с традиционными методами ручного подсчета запасов состоит в том, что они позволяют количественно оценить пространственную изменчивость границ рудных тел и содержаний в них металлов. При создании модели минеральных ресурсов и запасов месторождения, геолог имеет дело с вероятностной информацией так как располагает относительно редкими фактическими данными качественной и количественной характеристики руды в точках опробования разведочных выработок, а пространство между точками опробования является предметом прогнозирования и неопределенности. Задача создания простой и понятной технологии блочного моделирования позволяющей воспроизводить исходные фактические статистические параметры (среднее, дисперсию, разброс значений) и достигать совпадения моделируемых показателей с реальными значениями в точках опробования является весьма актуальной, которая достаточно оперативно и точно решается без надуманных сложностей геостатистики и математических формул, а за счет здравого геологического смысла.

Методика использования блочных моделей уже давно апробирована и успешно применяется в ГКЗ при утверждении ТЭО кондиций и

подсчете запасов. При существующей практике госэкспертизы, результаты блочного моделирования заверяются традиционными методами подсчета, но, однако именно на основе блочной модели выполняется планирование системы разработки, определение оптимальной глубины и конфигурации карьера (оптимального и инженерного), расчет эксплуатационных запасов руды и металла в границах отработки, разработка календарного плана и расчет техники, а также основных ТЭП-ов и выбор оптимального бортового содержания при обосновании кондиций. Однако уровень и обширные возможности использования технологий цифрового моделирования еще недостаточно используются при проведении государственной экспертизы, что оказывает негативное влияние в целом на внедрение современных передовых технологий моделирования. Представляемые на экспертизу в ГКЗ модели неудовлетворительного качества, разработанные на устаревших представлениях о методах моделирования, либо на очевидных ошибках, допущенных в процессе моделирования ограничивают и создают сложности применения блочного моделирования в России и формируют предвзятое отношение к данной методике отдельных экспертов и контролирующих органов.

Далее авторами излагаются основные положения, требования и рекомендации как современные подходы к созданию трехмерных цифровых моделей месторождения позволяют, хотя и несколько упрощено, но достоверно и точно отражать изменчивость свойств изучаемого объекта запасов и пространственную геометризацию запасов. Как следствие, авторами доказыва-ется, что трехмерные цифровые модели должны приниматься в качестве основного и надежного метода для массового рассмотрения ТЭО кондиций и утверждения запасов по данным блочных моделей (без необходимости заверки блочного моделирования устаревшими традиционными методами подсчета запасов). Система доказательств строится на том что в горно-геологических системах предлагается мощный инструмент который обеспечивает, не только быстрое и точное выполнение всех процедур подсчета запасов, но также и трехмерность построений объемных геологических и подсчетных моделей с широкими возможностями многовариантности выделения и увязки рудных интервалов, инструмент обеспечивающий автоматическое вычисление объемов каркасов, мощные возможности визуализации в 3D пространстве, а также высокотехнологичные возможности проверки и оперативной корректировки любых рабочих операций в процессе моделирования.

Перечисленные ниже усовершенствования процедур подсчета запасов уже широко используется авторами работ, представляемых на экспертизу, а со стороны ГКЗ, соответственно такие же инструменты должны массово внедряться и в практику проведения государственной экспертизы:

1. Автоматический поиск и индикация ошибок исходных данных фактографической модели опробования. Выполняется комплекс проверок, предохраняющих базу данных от некорректной информации, как например: дубликаты выработок и проб; отсутствующие выработки и интервалы; непоследовательные и пересекающиеся интервалы, нечисловые значения (символы, пустые значения и значения, перед которыми стоят знаки «меньше» (<) или «больше» (>)); некорректные углы и азимуты и т.п. ошибки.

2. Автоматизация процесса проверки интервальной модели рудных сечений в полном объеме (100%). При этом, без использования цифровых моделей, экспертом, выполняющим контрольную проверку традиционными методами, производится в конкретных обстоятельствах лишь выборочная (10-20% из нескольких тысяч рудных сечений) проверка. Типовой чек-лист проверки интервальной модели рудных сечений передовыми методами цифрового моделирования реализуется путем сравнения результатов выделения рудных сечений, которые получены разными методами композитирования. Проверка корректности расчетов рудных сечений (сравнением результатов, полученных разными методами: основным и контрольным) выполняется по следующим ключевым параметрам, перечисленным ниже:

2.а) ложнорудные интервалы (разубоживание) – порода, неправильно классифицированная как руда и неправильно включенная в рудный интервал.

2.б) ложнопородные интервалы (потери) – руда, неправильно классифицированная как порода и неправильно исключенная из рудного интервала.

В таблице 1 приведен пример подсчета суммарной длины интервалов и относительный процент неправильной классификации «руда-порода» двух видов (пункты 2а и 2б) по борту 0,3 г/т.

3. Наглядная визуализация в 3D пространстве любых данных, в том числе перечисленных выше, с необходимой выноской значений, раскраской, штриховкой, графиками, а также просмотр всех данных в 2D плоскости (как в плане, так и в разрезе). Полное управление трехмерной средой по всем осям, включая поворот, приближение и перемещение.

4. Автоматический расчет в подсчетной модели и представление в традиционном виде, соответствующему методике ГКЗ, основных подсчетных таблиц: «Расчет кондиционных интервалов по выработкам», «Расчет мощностей, КР и средних содержаний по сечениям», «Подсчет запасов по блокам».

5. Автоматизация процесса полной (100%) проверки соответствия (вложенности) интервальной модели рудных сечений, с одной стороны и каркасной модели соответствующих подсчетных блоков, с другой стороны

6. Проверка соответствия метровых композит используемых в интерполяции блочной модели, с одной стороны и интервальной модели рудных сечений с другой стороны

7. Автоматический расчет коэффициента рудоносности по каждому рудному сечению, линии, блоку и т.д. в любом пространственно-ограниченном измерении

8. Объемный коэффициент рудоносности (КР) по блочной модели, как соотношение объема рудной выборки блочной модели и объема породной выборки блочной модели проверяет-

Таблица 1.

Чек-лист экспертной проверки расчета рудных сечений по бортовому содержанию золота 0,3 г/т.

Рудное тело	Всего по борту 0,3 г/т	Ложнорудные интервалы (разубоживание)	Долевой процент ложнорудных интервалов (разубоживание) (3) vs (2)	Ложнопородные интервалы (потери)	Долевой процент ложнопородных интервалов(потери) (5) vs (2)
1	2	3	4	5	6
2_1	2926.6	221.8	7.6	55.4	1.9
2_19	522.4	33.3	6.4	26.1	5.0
2_3	355.1	12.4	3.5	65.5	18.4
2_4	1325.8	116.4	8.8	20.4	1.5
2_41	1674.3	241.7	14.4	69.0	4.1

ся на соответствие линейному КР, рассчитанному по интервальной модели рудных сечений, как соотношение суммарной мощности рудной выборки и суммарной мощности породной выборки. Проще говоря, КР по соотношению объемов блочной модели сравнивается с КР по соотношению фактических длин интервалов в подсчетной модели

9. Автоматическая проверка принципа вложенности. Содержания металла в одной и той же ячейке блочной модели по различным вариантам бортового содержания не должны изменяться как в большую, так и в меньшую стороны. Невыполнение данного условия приводит к искажению результатов оптимизации границ открытых горных работ, а также нарушает принцип прирезок. [5]

10. В российской системе подсчета запасов при использовании коэффициента рудоносности среднее содержание рассчитывается только по рудным интервалам, а на запасы руды вводится коэффициент рудоносности, но данная традиционная методика не позволяет, без использования блочного моделирования, геометрически определить пространственное положение

соответствующего промышленного контура однородных доменов по вариантам бортовых содержаний, в пределах которых размещаются запасы. В подобных случаях происходит потеря адекватности пространственного положения рудных запасов, которые должны соответствовать определенным кондициям. Для устранения этих недостатков существует специальный математический аппарат, реализованный в ряде специально разработанных методик блочного моделирования, основные, из которых, кратко перечислены ниже:

а) Метод индикаторного (индикатор руда/порода) моделирования коэффициента рудоносности, как более понятный (без сложностей геостатистики и математических формул) аналог индикаторного и мультииндикаторного кригинга. [8]. По опыту рассмотрения работ, представляемых на экспертизы отчетливо наметилось очень активное использование индикаторного моделирования в «свободных оболочках» для внешней границы блочной модели, при относительно редком использовании моделирования с жестким построением каркасов по каждому варианту бортовых содержаний [3].

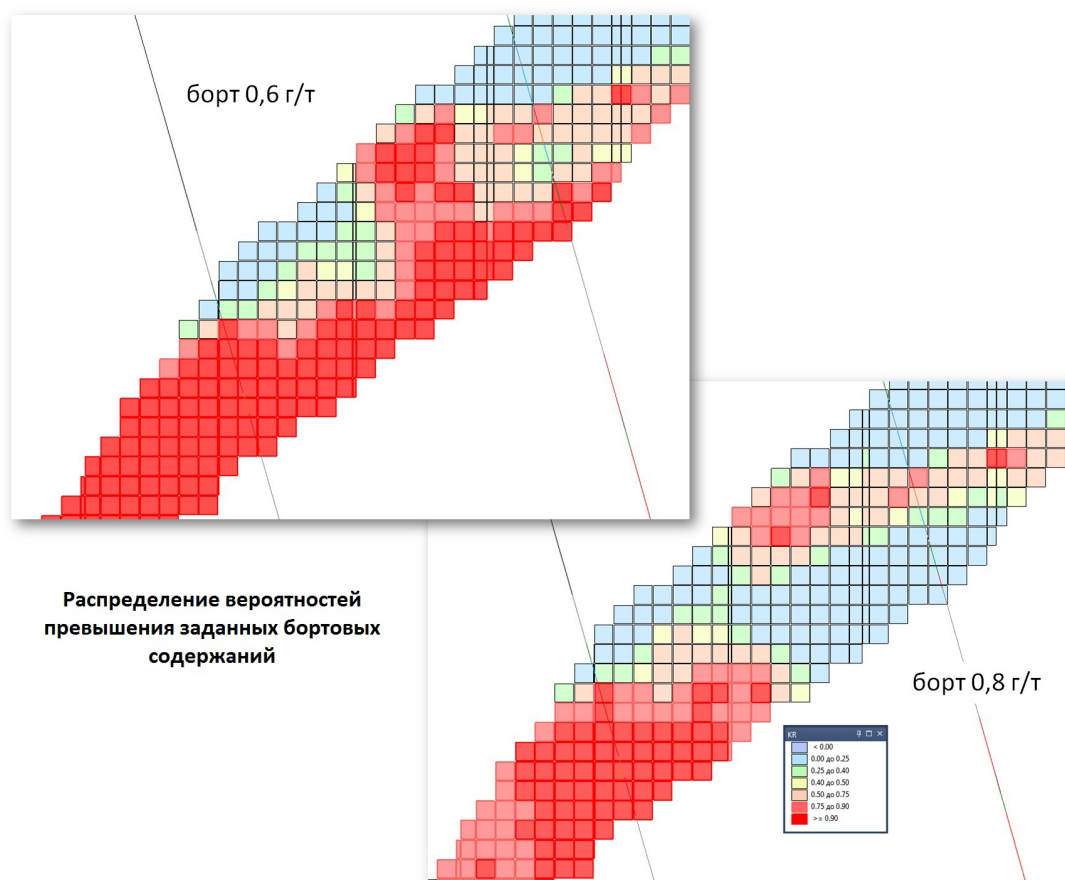


Рис. 1.

Распределение вероятностей, выраженных коэффициентом рудоносности (при используемых вариантах бортового лимита 0,6 и 0,8 г/т) в разрезе минерализованной зоны.

б) Ансамблевый подход к интерполяции, на основе сочетания методов «ближайшего соседа» и метода «многоугольников», позволяющие корректно определять области распространения рассчитанного коэффициента рудоносности (индикатора руда/порода) за счет малых (1-2 метра) размеров ячеек блочной модели и малой (0,1-0,2 метра) длины композитных интервалов. К тому же данный подход позволяет преодолеть трудности, связанные с учетом таких кондиционных показателей как минимальная мощность рудного тела, максимальная мощность прослоев пустых пород и минимальный метропроцент (метрограмм). По своей сути эта техника является объёмным оконтуриванием руды, пространственно геометризованной с определенной вероятностью (*рис. 1*) и с высокой оперативностью, и особенно удобна в случае неоднозначности увязки или очевидности сложного контура, когда оруденение распределено весьма неравномерно и невозможно достоверно увязывать на соседних разрезах участки с промышленным оруденением.

с) На этапе интерполяции индикаторов (руда/порода) выбор малого размера элементарного блока (например, 2.5х2.5х2.5 метра) – это не излишняя детальность, а важное условие позволяющее более точно учесть дисперсию (изменчивость) вероятности появления события «Руда», и тем самым на стадии выполнения индикаторного моделирования выполнить бескаркасное «блочное оконтуривание». При этом важный нюанс состоит в том, что после выполнения тарирования и перед тем, как выполнять

интерполяцию содержаний, рекомендуется провести процедуру оптимизации малых размеров элементарного блока, которая настроена на то, чтобы укрупнить блоки и уменьшить количество блоков или записей файла блочной модели. Алгоритм оптимизации работает так, что маленькие блоки (например, 2.5х2.5х2.5 метра) в пределах каждого большого материнского блока (например, 20*20*5) будут объединены по ключевому полю (Борт), содержащему коды принадлежности к вариантам бортового содержания. Каким образом маленькие блоки будут оптимизироваться, программа определяет, исходя из того, что они находятся в пределах одной материнской ячейки и имеют одно и то же ключевое значение (Борт). Таким образом в результате оптимизации можно добиться большого размера блоков в областях мощных рудных тел (т.е. укрупнения блоков) и одновременно сохранения малого размера в зонах малой мощности (как показано *на рисунке 2*), при этом значительно сократив количество ячеек блочной модели, не нарушая пространственной геометризации руды по всем вариантам бортовых лимитов.

Практика сопоставления результатов, с одной стороны, ручного триангуляционного оконтуривания (по методике ГКЗ), а с другой – индикаторного блочного моделирования уверенно показывает хорошую сходимость как в значениях полученных объёмов руды, так и в пространственном расположении [3, 8].

Перечисленные выше пункты 1-10 обеспечивают достоверность и обоснованность рудных границ – но это, так сказать, одна сторона медали.

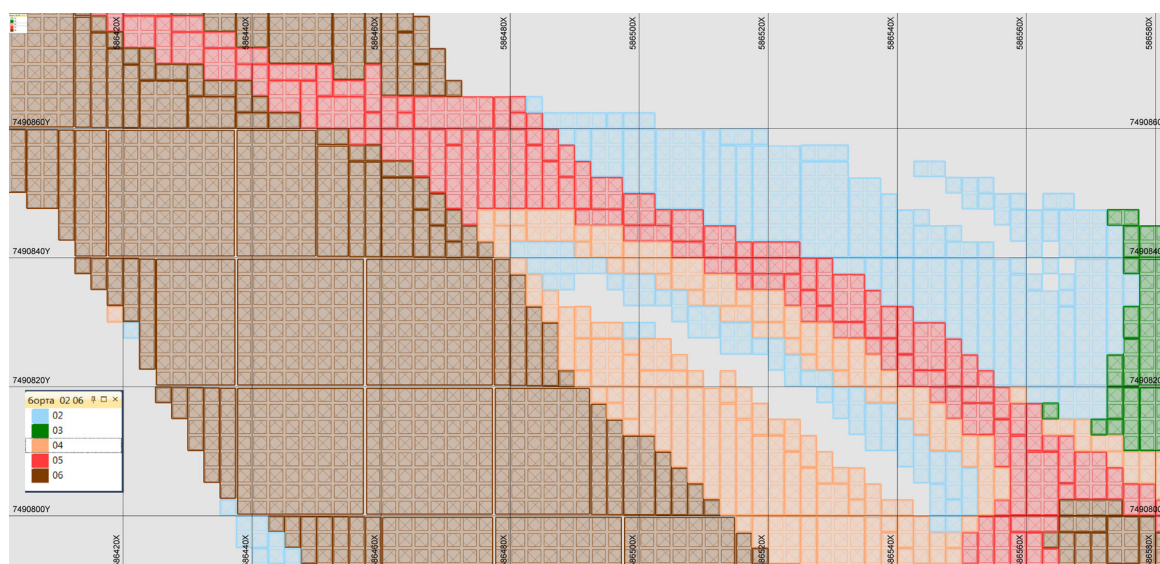


Рис. 2. Оптимизация блочной модели (план горизонта +80). Мелкие блоки показаны штриховкой. Оптимизированные блоки показаны полной заливкой и жирными контурными линиями. Цветовая градация выполнена по вариантам бортовых лимитов (0,2-0,3-0,4-0,5-0,6 г/т).

Другая сторона – это перечисленные ниже (пункты А-Е) методы и инструменты, которые обеспечивают точность и достоверность именно самой интерполяции исследуемых значений, в геометризованных достоверных (пункты 1-10) рудных границах:

А. Применение процедуры динамического эллипсоида поиска с учетом изменения градиента (направления) моделируемых характеристик месторождения, а также корректное ограничение количества проб, учитываемых при интерполяции

В. Снижение эффекта сглаживания содержаний за счет создание доменных ограничений для участков оруденения, оконтуренных с учетом геологической и геостатистической однородности. Домены выделяются с учетом геологических характеристик, природных типов и промышленных сортов руд и изменчивости моделируемых показателей. В последнее время для выделения доменов (являющихся внутренними вложенными ограничителями интерполяции), а также минерализованных зон (в качестве «свободных оболочек» для внешней границы блочной модели) наряду с традиционным построением триангуляционных каркасов (на основе 2D вычерчивания полилиний вручную), успешно реализуется автоматическое построение методом радиальных базисных функций (РБФ) на основе скважинных данных в виде, например, фактических интервалов рудных сечений или интервалов других геологических признаков. На **рисунке 3** показан пример моделирования литолого-фациальных границ для доменных ограничений интерполяции.

С. ИмPLICITное или условное моделирование методом радиальных базисных функций

(РБФ) является также эффективным средством повышения достоверности геометризации запасов посредством повышения коэффициента рудоносности в случае неоднозначности увязки или очевидности сложного контура, когда оруденение распределено весьма неравномерно внутри минерализованной зоны («свободной оболочки» для внешней границы блочной модели) выделенной, например, по природному борту. (**рис. 4**)

Д. Повышение достоверности оценки содержаний за счет новых методов нейросетевого моделирования и машинного обучения, что может оказаться более предпочтительным, чем использование больших радиусов поискового эллипсоида, за счет самообучения искусственного интеллекта в условиях ограниченного набора исходных данных. Необходимо отметить также возможность заверки результатов блочного моделирования, методами машинного обучения, примеры успешного решения задач которыми приведены в ряде работ [7, 9], выполненными в пакетах современных прикладных программ (StatSoft, Matlab, программы с открытым исходным кодом, например, на базе Google и др.). При этом требование заверки блочных моделей традиционными методами подсчета запасов является нецелесообразным, если авторская оценка достоверности блочного моделирования альтернативными и гибридными блочными моделями выполнена надежно и обоснованно в пределах допустимой погрешности.

Е. Перечисленные выше методики моделирования, а также некоторые разработки, оставшиеся за рамками данной статьи, позволяющие корректно определять области распространения исходных данных и внести в технологию блочного моделирования элементы геометрического

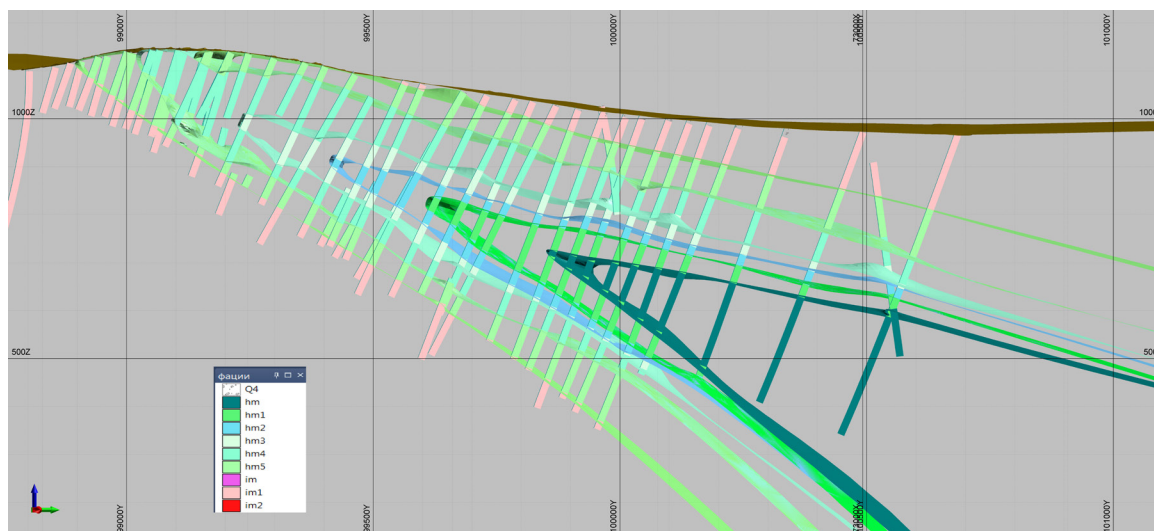


Рис. 3.

Пример моделирования литолого-фациальных границ для доменных ограничений интерполяции.

подсчета, позволяют свести к минимуму эффект смещения (различия) в оценке средних содержаний получивший название масштабный эффект основания или «support-effect» [2] (в зарубежных публикациях). На **рисунке 5** приведены примеры диаграмм размаха содержаний серебра по данным фактического опробования и данным блочной модели (двумя методами интерполяции) по нескольким представительным подсчетным блокам. Ящички с усами или диаграммы размаха, на которых компактно отображается одномерное распределение (степень разброса и асимметрия) большого набора данных (учитывая, что одинаковое среднее не всегда делает две выборки одинаковыми) используются для цифровой проверки модели и выполняются с необходимой тщательностью контроля данных, например, по разведочным линиям или подсчетным блокам. При интерполяции содержаний в ячейки блочной мо-

дели наблюдается эффект сглаживания, который приводит к незначительному занижению оценок определения содержаний при интерполяции, что является нормальным.

В настоящее время модель месторождения – это нечто большее чем модель для оценки содержаний, и по сути должна рассматриваться как 3D платформа, которая объединяет в Общую модель недр множество переменных (геометаллургических, геомеханических, технологических, гидрогеологических и др.) которая позволяет получить более-менее достоверную финансово-экономическую модель развития горнорудного предприятия в средне- и долгосрочной перспективе. Кроме того, модель любого месторождения не является статическим элементом для работы, она должна постоянно изменяться, совершенствоваться и обновляться в соответствии с меняющимися условиями (экономической конъюнктурой, тех-

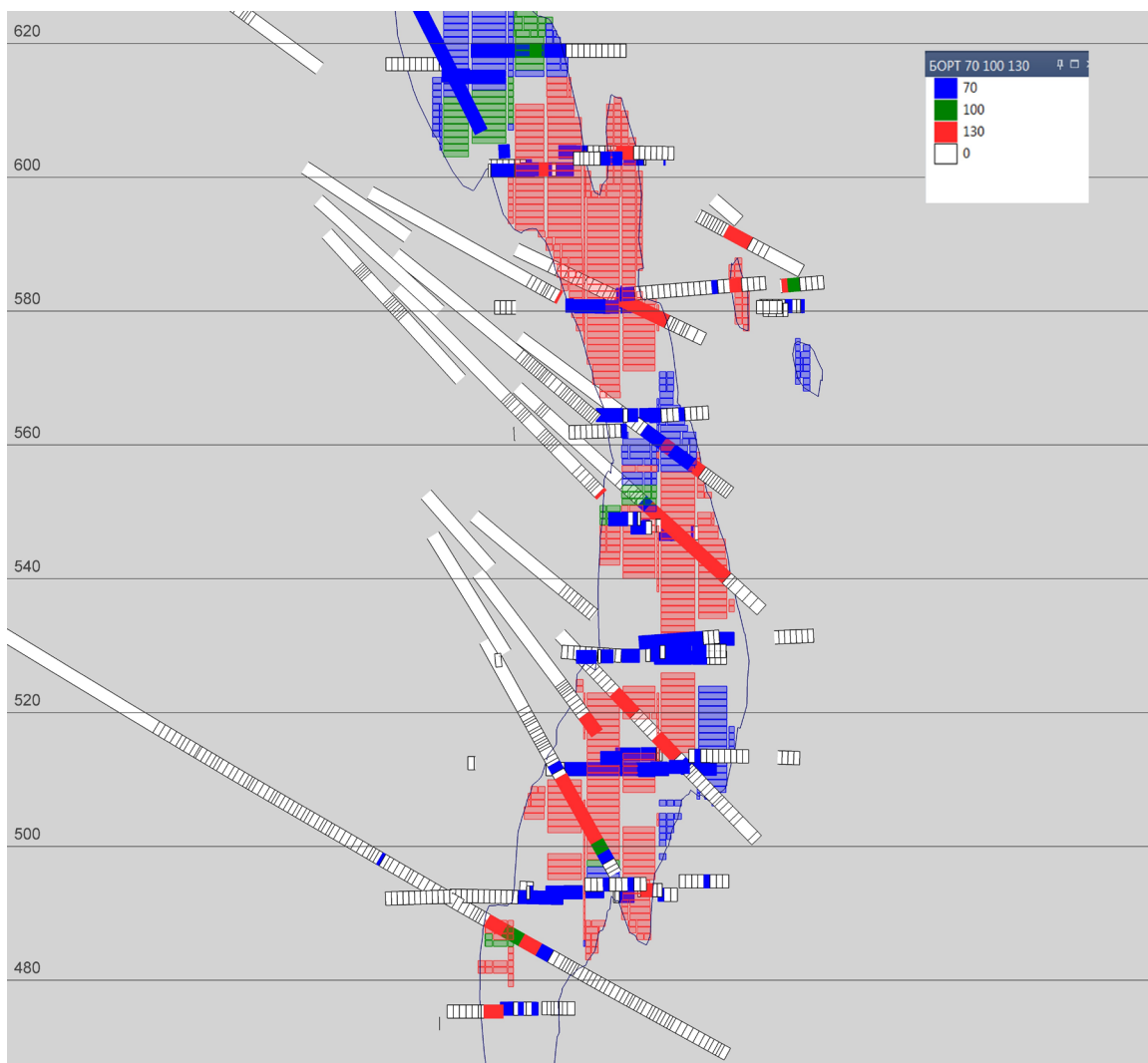


Рис. 4. Рудные тела в виде ячеек блочной модели позиционированные и геометризованные в 3D пространстве для каждого значения бортового содержания (вид в разрезе). Цветовая градация выполнена по вариантам бортовых лимитов (70-100-130 г/т) условного серебра.

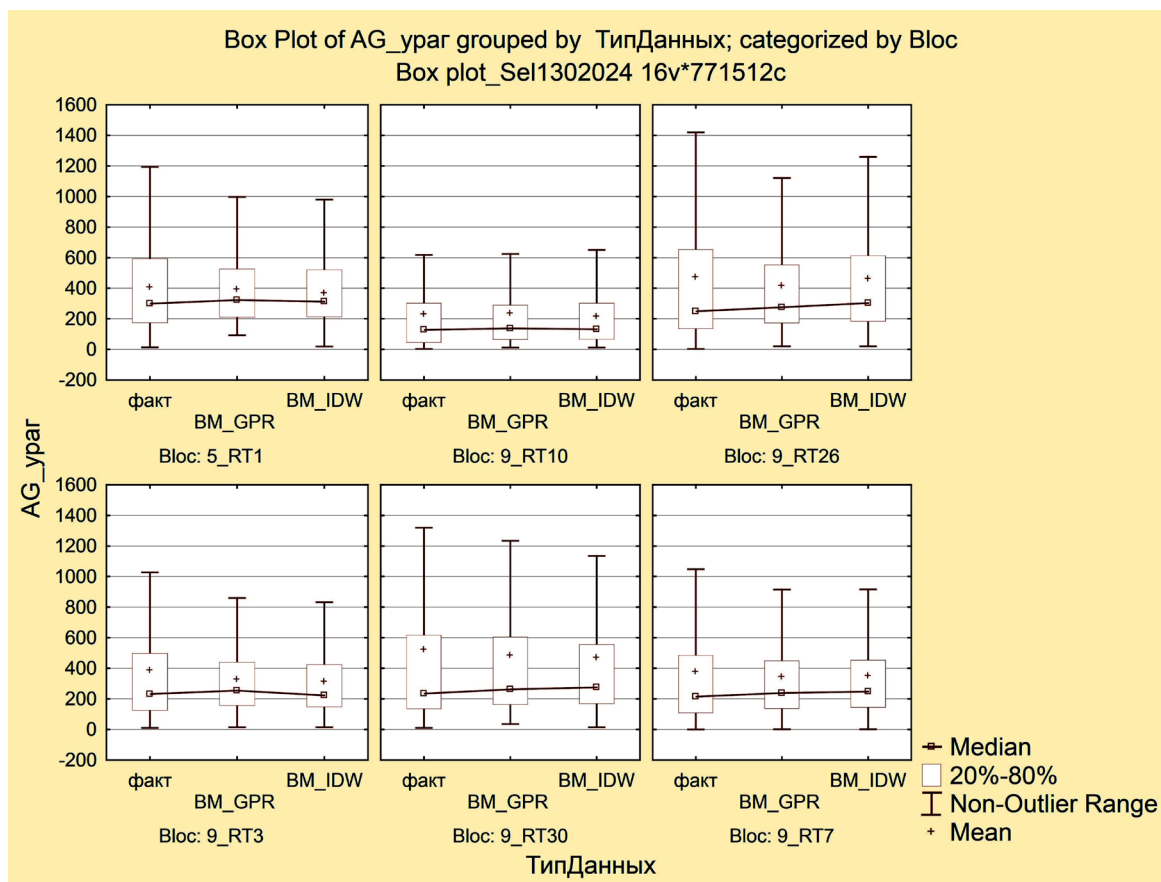


Рис. 5.

Диаграммы размаха (box plot) содержаний серебра по данным фактического опробования и данным блочных моделей (двумя методами интерполяции: а) *BM_GPR* (Gaussian Process Regression)- регрессия гауссовского процесса, как один из алгоритмов машинного обучения; б) *BM_IDW* – метод обратных расстояний).

нологией и т.п.), меняющимися представлениями о геологии месторождения, морфологии рудных тел, а также при получении новой маркшейдерской (данные съемки карьеров), аналитической или геологической информации о рудных телах.

На сегодняшний день единственным документом, в котором регламентируется применение блочного моделирования при прохождении государственной экспертизы, являются «Рекомендации к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчету запасов твердых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа» (протокол № 6 МПР от 10.02.2015) [4]. Необходимо отметить, что этот документ носит скорее ознакомительный характер поскольку в нем вводится основная терминология, в общих чертах описываются технологии блочного моделирования и дается сравнительная характеристика методов подсчета запасов традиционных и блочного моделирования. При этом, в ходе данного сравнения, методика блочного моделирования рассматривается в основном в

соответствии с процедурами и подходами, принятыми при проведении международного аудита по кодексу JORC. Например, для сравнения был выбран подсчет запасов по блочной модели с использованием значения cut-off-grade, при том, что авторам статьи не известны случаи использования данного способа подсчета запасов по блочной модели, в тех материалах, которые представлялись на госэкспертизу, так данный способ заведомо существенно отличается от российской системы подсчета запасов [6]. К сожалению, при таком подходе в «Рекомендациях...2015 г.» не были в достаточной степени рассмотрены возможности адаптации технологий блочного моделирования для того, чтобы: а) минимизировать недостатки блочного моделирования и б) максимально использовать существенные преимущества цифрового и в том числе блочного моделирования.

Однако за прошедшие десять лет методика моделирования ушла далеко вперед и накоплен большой опыт применения передовых методов моделирования для выполнения ТЭО кондиций и для подсчета запасов и соответственно накоплены знания и опыт по адаптации этих технологии

к российской системе подсчета запасов. Отмечая, что утверждение «Рекомендаций... 2015 г.» явилось важным и полезным шагом в области внедрения передовых горно-геологических информационных систем в практику оценки запасов в нашей стране, следует признать, что остро назрела необходимость разработки усиленной и актуализированной версии этого методического документа. Кроме того, давно назрела необходимость хорошего базового практического пособия (учебника) по компьютерным технологиям подсчета запасов на русском языке.

Выводы:

1. Методика использования блочных моделей уже давно апробирована и успешно применяется в ГКЗ при утверждении ТЭО кондиций и подсчете запасов. При этом технология цифрового и в том числе блочного моделирования делает процедуры подсчета более точными, менее трудозатратными и лучше проверяемыми и обоснованными чем традиционный подсчет.

2. Большинство высказываний о неэффективности блочного моделирования, как правило, базируется либо на устаревших представлениях о возможностях современных программных продуктов, либо на очевидных ошибках, допущенных в процессе моделирования.

3. Ограничивать возможности блочного моделирования только процедурами и подходами, принятыми при проведении международного аудита (по кодексу JORC) – опасное и крайне неверное заблуждение.

4. Методы блочного моделирования не ограничиваются стандартными методами интерполяции, как кригинг и методы обратных расстояний. Большими возможностями обладают методы интерполяции на основе алгоритмов машинного обучения.

5. Наряду с традиционным построением триангуляционных каркасов (на основе 2D вычерчивания полилиний вручную), в последнее время успешно реализуется автоматическое построение методом радиальных базисных функций (РБФ) на основе скважинных данных в виде, например, фактических интервалов рудных сечений или интервалов других геологических признаков.

6. Безотлагательная актуализация методических и инструктивных материалов в сфере рационального недропользования кроме существенного повышения эффективности проведения государственной экспертизы запасов полезных ископаемых, так же будет способствовать организации в России национального независимого аудита запасов полезных ископаемых и в целом повышению эффективности производства в геологической и горнодобывающей отрасли. **XXI**

Литература

1. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. СПб.: Недра. 2002. 424 стр.
2. Капутин Ю. Е. Системы контроля содержаний (Grade Control) на горных предприятиях Недра, Санкт-Петербург, 2012 г., 330 стр.
3. Кушнарев П.И., Градовский И.И. Приемы блочного моделирования золоторудных месторождений при разработке ТЭО// Недропользование XXI век. 2014. №1. С. 66-70
4. Рекомендации к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчету запасов твердых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа. М. 2015 г.
5. Музыка И.М. Применение блочных моделей для повариантного подсчета запасов// Недропользование XXI век. 2020. №6. С. 88-94
6. Мальцев Е.Н. Сравнение российской и зарубежной систем подсчета запасов твердых полезных ископаемых и практический опыт использования // Глобус. 2022. №1. С. 44-48
7. Мальцев Е.Н. Применение алгоритмов машинного обучения для задач межскважинной интерполяции // Глобус. 2023. №1. С. 108-111
8. Мальцев Е.Н. Новые альтернативные подходы и решения для создания моделей контроля качества содержаний на стадии освоения месторождения // Золотодобыча. 2019. Доступно на <https://zlotodb.ru/article/12061> (обращение 06.01.2024)
9. Nelson K. Dumakor-Dupey. Machine Learning – A Review of Applications in Mineral Resource Estimation// Energies. Доступно на <https://doi.org/10.3390/en14144079> (обращение 06.01.2024)

UDC: 553.04

A.N. Lazarev, Head of the Metals Department of the TPI Reserves Management of State Commission on mineral resources, lazarev@gkz-rf.ru

E.N. Maltsev, Chief specialist of the Department of Geology LLC «NIPI TOMS»;
Lead engineer Geological Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, evg65@mail.ru

APPLICATION OF THREE-DIMENSIONAL DIGITAL MODELING TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF STATE EXPERTISE OF MINERAL RESERVES

Abstract: Modern 3D modeling techniques for ore deposits are essential for making informed decisions during the exploration and exploitation of deposits. They also play a crucial role in the feasibility study of conditions and approval of reserves by the Russian State Commission on Mineral Reserves (GKZ). Traditional reserve estimation methods are labor-intensive and challenging to verify. This article discusses modern computer modeling methods used by Russian geologists and GKZ experts, which provide more reliable results for assessing deposit reserves in a more efficient and less labor-intensive manner.

Keywords: solid minerals, estimation of reserves, block modelling, the method of estimating reserves.

Хроника законодательной работы

Председатель Комитета Государственной Думы по энергетике Павел Завальный избран заместителем председателя Комиссии по энергетике Парламентского Собрания Союза Беларуси и России

Решение о создании Комиссии было принято на заседании в рамках очередной сессии Парламентского Собрания Союза Беларуси и России, прошедшей в Москве **18 декабря 2023 года**. Ее председателем стал член Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь, генеральный директор ГПО «Белтопгаз» Алексей Кушнаренко.

Павел Завальный, комментируя назначение, отметил, что энергетика является одной из важнейших сфер экономического сотрудничества двух стран. Россия поставляет Беларуси нефть и газ. Российские компании – крупные инвесторы в белорусские НПЗ и сети АЭС. Беларусь – важная транзитная страна: через нее пролегал нефтепровод «Дружба», выведенный (пока) благодаря Венгрии из-под эмбарго ЕС. Действует межправительственное соглашение о сотрудничестве при транспортировке белорусских нефтепродуктов через морские порты России. «Газпром» владеет 100 % акций ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», что играет важную роль в поддержании надежности ГТС, а значит в бесперебойном энергообеспечении республики природным газом. Реализуются совместные инвестиционные проекты, крупнейшим из которых является сооружение и запуск двух блоков Белорусской АЭС.

«Важнейшие направления развития двустороннего энергетического сотрудничества – это создание общего рынка энергоресурсов, развитие сферы применения газомоторного топлива, развитие сотрудничества в атомной отрасли, включая неэнергетические направления применения ядерных технологий, расширение участия белорусских предприятий в программах достижения технологического суверенитета нашей энергетике. Каждое из направлений требует соответствующего нормативного обеспечения. Создание отдельной Комиссии Парламентского Собрания Союза Беларуси и России по энергетике – свидетельство важности такой работы», заявил Павел Завальный.

Круглый стол «О результатах эксперимента по оптимизации и автоматизации процессов в сфере недропользования»

30 января состоялся круглый стол, организованный Комитетом по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды, по вопросу упрощения и ускорения административных процедур в сфере недропользования. Участники, включая представителей отрасли, Минприроды и Роснедр, обсудили достигнутые результаты и дальнейшие планы работы.

В августе 2021 года Правительство начало эксперимент по ускорению государственных процедур и уменьшению списка документов, требуемых от недропользователей. Роснедра активно участвует в этом проекте, который охватывает восемь различных разрешительных процессов, включая лицензирование и проведение необходимых экспертиз.

Благодаря этим мерам время на получение разрешений сократилось в среднем на 50%, а объем необходимых документов значительно уменьшился. Представители отрасли отметили, что дальнейшее сокращение сроков по рассмотрению документов, в том числе на лицензирование, может привести к значительным рискам потери качества и росту отказов со стороны федерального агентства по недропользованию.

Сроки лицензирования сократились со 120 дней до 15, сказал руководитель Федерального агентства по недропользованию Евгений Петров. В связи с продолжением эксперимента стоит цель сократить сроки до 5 рабочих дней. По мнению Петрова, по сути, это станет уведомительным механизмом. «Для отрасли это будет риск в части качественного оказания услуги», — считает глава Роснедр. Кроме того, потребуются перестройка бизнес-процессов недропользователей.

Денис Храмов, советник президента группы компаний НЛМК, отметил, что Роснедра и Минприроды существенно сократили сроки по восьми процессам. Однако он подчеркнул важность выбора оптимального подхода: «Давайте на каком-то этапе остановимся и сосредоточим усилия на сокращении тех сроков согласования, которые реально можно уменьшить».

Александр Жаров, представитель Роснефти, отметил проделанную работу Роснедр и Минприроды, но указал на проблемы с задержками в согласовании лицензирования участков, особенно из-за вопросов охраны окружающей среды и корректности границ особо охраняемых зон. В 2023 году компания столкнулась с отказами от Росприроднадзора при экспертизе проектной документации, что частично связано с недостаточностью законодательства. Жаров подчеркнул необходимость разработки четких правил и сроков для экспертизы проектов и взаимодействия сторон, так как текущая ситуация затрудняет производственный процесс.

Формируется общий рынок электроэнергии и газа Союзного государства

Договор о формировании объединенного рынка электроэнергии Союзного государства предусматривает синхронизацию сроков начала его работы и запуска объединенного рынка газа. Это сделает систему более конкурентной и сбалансированной в интересах экономик обоих государств.

Об этом председатель Комитета Государственной Думы по энергетике, заместитель председателя Комиссии Парламентского Собрания по энергетике заявил по итогам заседания Комиссии, прошедшего в Витебске **14 февраля 2024 года**.

Одним из вопросов повестки стало обсуждение итогов исполнения Декрета Высшего Государственного Совета Союзного государства от 4 ноября 2021 г. № 6 «Об Основных направлениях реализации положений Договора о создании Союзного государства на 2021–2023 годы».

«Синхронизация сроков - логичное решение, поскольку, прежде чем двигаться к общему рынку электроэнергии, важно обеспечить равные конкурентные условия доступа и ценообразования на газ для газовой генерации», полагает П.Н. Завальный.

Работа по формированию объединенных рынков газа и электроэнергии Союзного государства будет продолжена в рамках реализации Основных направлений положений Договора о создании Союзного государства на 2024-2026 годы. Одним из основных моментов станет определение условий функционирования объединенного рынка газа с принятием необходимых правовых актов или внесением изменений в действующие, исходя из принципа дальнейшего сближения условий хозяйствования в газовой сфере с 1 января 2026 г. и исполнения сторонами норм соответствующих межправительственных соглашений.

Начало работы объединенного рынка электроэнергии Союзного государства предполагает более глубокую интеграцию оптовых рынков России и Беларуси. В соответствии с уже принятой Дорожной картой, не позднее начала запуска объединенного рынка газа, начнется формирование внутреннего оптового рынка электроэнергии Республики Беларусь.

«Таким образом, будут созданы условия для конкуренции и конкурентного ценообразования на общих рынках газа и электроэнергии Союзного государства. В России уже много лет действует конкурентное ценообразование на оптовом рынке электроэнергии и мощности. Сейчас идет работа над совершенствованием модели электросетевого комплекса, включая переход на двуставочный тариф, введение принципа «бери или плати» для новых тех. присоединений. Это позволит создать более совершенную интегрированную модель оптово-розничного рынка электроэнергии в России. Затем эти подходы можно будет использовать и при работе над совершенствованием общего рынка электроэнергии Союзного государства», полагает председатель Комитета Государственной Думы по энергетике.

Как подчеркнул министр энергетики Республики Беларусь В. Каранкевич, союзные программы, в том числе в энергетической отрасли, приносят конкретный весомый результат: укрепляется энергетический суверенитет Союзного государства, расширяется его технологический и инновационный потенциал.

Руководитель Минэнерго Республики Беларусь отметил, что большинство задач, стоящих перед правительствами в рамках формирования объединенных энергетических рынков на период 2021-2023 годы, реализовано. Создана необходимая нормативно-правовая база, синхронизирована работа энергосистем, определены принципы и условия работы объединенного рынка электроэнергии, на трехлетний период согласованы ценовые условия по поставкам в республику природного газа.

Подписанный Главами государств 29 января в Санкт-Петербурге декрет об основных направлениях реализации положений Договора о создании Союзного государства выводит отношения между странами на принципиально новый, более глубокий этап экономической интеграции, в том числе в энергетике.

«В ближайшие три года работа правительств, профильных министерств и ведомств будет направлена на обеспечение эффективного функционирования общих энергорынков с дальнейшей их синхронизацией с работой энергорынков Евразийского экономического союза. Важнейший приоритет при этом – выравнивание условий для субъектов хозяйствования двух стран», – добавил В. Каранкевич. Он выразил уверенность в том, что по тем вопросам, которые сторонам предстоит решить, будут выработаны взаимоприемлемые решения, соответствующие национальным интересам и обеспечивающие дальнейшее расширение союзного строительства.

Что касается плана работы Комиссии на 2024 год, П.Н. Завальный предложил включить в него следующие вопросы: обсуждение сотрудничества в атомной отрасли, в том числе, межведомственной Комплексной программы российско-белорусского сотрудничества в области энергетических и неэнергетических ядерных проектов; развитие сферы применения газомоторного топлива,



На фото: П.Н. Завальный на заседании Комиссии Парламентского Собрания по энергетике в Витебске 14 февраля 2024 года

включая СПГ, законодательных основ и перспектив объединенного рынка газомоторного топлива Союзного государства; расширение участия белорусских предприятий в программах достижения технологического суверенитета российской и союзной энергетики. В конце года Комиссия планирует вернуться к обсуждению вопросов, связанных с созданием объединенных рынков энергоресурсов Союзного государства.

Законодатели и эксперты обсудили меры стимулирования добычи трудноизвлекаемых запасов нефти и газа

6 февраля Комитет СФ по экономической политике, Комитет СФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию провели круглый стол на тему «О мерах государственной поддержки и стимулирования добычи трудноизвлекаемых запасов нефти и газа».

Модератором обсуждения выступил заместитель председателя Комитета СФ по экономической политике Юрий Викторович Федоров.

«Нефть и газ являются основой нашей экономики и играют ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности страны. Однако с каждым годом становится все сложнее добывать эти ресурсы, значительную долю запасов углеводородного сырья в России можно отнести к трудноизвлекаемым», — подчеркнул сенатор.

По словам Ю.В. Федорова, основными препятствиями к разработке трудноизвлекаемых запасов нефти (ТриЗ) является отсутствие эффективных технологий и оборудования для их добычи. «Увеличение себестоимости добычи вследствие преобладания ТриЗ в составе запасов, вводимых в разработку, и высокой выработанности «зрелых» месторождений, усложняет удержание достигнутых уровней добычи нефти и обуславливает необходимость применения дорогостоящих технологий добычи», — уточнил он.



На фото: Федоров Юрий Викторович

Кроме того, разработка ТриЗ требует высокой квалификации специалистов и инженеров, а также значительных затрат на научные исследования и разработки.

«Государственная поддержка и стимулирование добычи трудноизвлекаемых запасов нефти и газа нужны для обеспечения стабильности и развития нашей экономики. Мы должны создать благоприятные условия для компаний, занимающихся добычей таких запасов, чтобы они могли инвестировать в новые технологии и инновации», — заявил в своем выступлении Ю.В. Федоров.

Участники мероприятия обсудили эффективность существующих мер поддержки, необходимость введения новых, чтобы стимулировать добычу трудноизвлекаемых запасов нефти и газа.

В настоящее время в России налоговое стимулирование разработки ТриЗ в значительной степени осуществляется за счёт налога на дополнительный доход от добычи углеводородного сырья (НДД), который был введен в 2019 году для повышения инвестиционной привлекательности нефтедобычи на выработанных месторождениях и освоения новых.

По словам заместителя директора Департамента нефтегазового комплекса Министерства энергетики Российской Федерации Р.И. Кабакова, одним из перспективных направлений стимулирования ТриЗ является совершенствование налоговой системы. «Мы видим необходимость расширения периметра НДД», — сказал он.

«Учитывая, что немалую часть добычи составляют высоковыработанные месторождения, необходимо стимулировать применение методов увеличения нефтеотдачи», — добавил Р.И. Кабаков.

Директор Департамента анализа эффективности преференциальных налоговых режимов Министерства финансов Российской Федерации Д. Борисов сообщил, что на сегодняшний день в России в периметре НДД добывается около половины всей нефти. «Это достаточно много. Готовы рассматривать переход на НДД, но с учетом необходимости сохранения базовых доходов бюджета».

По мнению Д. Борисова, необходимо дать четкое современное определение «что такое ТриЗ», с учетом как геологического, технологического, так и экономического компонентов.

Также участники круглого стола отмечали важность развития технологических полигонов, когда на полученных участках недр компании отрабатывают новые технологии геологического изучения, разведки и добычи ТриЗ.

В заседании приняли участие сенаторы РФ Е. Борисов, О. Епифанова, В. Кравченко, Г. Орденков, В. Пушкарев, Е. Шумилова, а также представители федеральных и региональных органов власти, предприятий отрасли, экспертного сообщества.

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



К ВОПРОСУ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРВООЧЕРЕДНОГО ОСВОЕНИЯ КРУПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛВАКОВЫХ ФОСФОРИТОВ ПОДМОСКОВЬЯ

Предложены наиболее перспективные для первоочередного освоения крупных по запасам фосфоритной руды Семиславский и Дорищенский участки Егорьевского месторождения желваковых фосфоритов, поскольку их руды легко обогатимы, достаточно богаты фосфором, находятся в промышленно развитых регионах с наличием в них геологов, горняков, обогатителей и химиков, а для добычи и обогащения таких руд разработаны технологии. Вовлечение в промышленное освоение этих участков желваковых фосфоритов позволит получать необходимое количество более 19% по P₂O₅ фосфоритной муки, т.е. природного экологически чистого удобрения с попутным извлечением из таких руд в виде товарной продукции – глауконитового концентрата и кварцевых песков различного назначения. При необходимости из полученной из таких руд мытого фосконцентрата возможно производство высококачественного фосфоритного концентрата, пригодного для химической переработки на фосфорную кислоту и водорастворимые высококачественные фосфорсодержащие минеральные удобрения.

Ключевые слова: плодородие почв, желваковые фосфориты, фосфат, курскит, глауконит, кварцевый песок, Егорьевское Вятско-камское и Полпинское месторождения, первоочередные к освоению Егорьевские Семиславский и Дорищенский участки, промывка, классификация, мытый фосфоритный концентрат, дробление, измельчение, сушка, хвосты промывки, качественно-количественная схема первичного обогащения желваковых фосфоритов, флотационный фосфоритный и глауконитовый концентраты.



Лыгач А.В.
канд. техн. наук
ООО «ПГПИ»,
ст. науч. сотрудник
victor-gogb@yandex.ru

Для успешного осуществления продовольственной безопасности России большое значение приобретает интенсификация сельского хозяйства и в первую очередь его химизация. В решении последней первостепенная роль принадлежит минеральным удобрениям, проблема развития промышленности которых рассматривается как одна из важнейших социально-экономических задач. [1-6] Основная роль в повышении урожайности принадлежит фосфорсодержащей составляющей минеральных удобрений, т.к.

кроме прямого назначения фосфор в значительной мере оказывает влияние на эффективность азотных и калийных удобрений. Именно поэтому в нашей стране таким удобрениям должно уделяться особое внимание. Для положительного решения этой проблемы необходима соответствующая фосфатно-сырьевая база, являющаяся основой для производства фосфор содержащих удобрений. Поэтому, учитывая недостаток в нашей стране необходимого количества освоенной фосфатно-сырьевой базы, а также наличия в России

большого количества кислых почв с низким содержанием фосфора, то для обеспечения продовольственной ее безопасности необходимо, кроме кольских апатитовых руд, осваивать и месторождения фосфоритов, и, в первую очередь, крупных по запасам P_2O_5 желваковых, а также ракушечных фосфоритов.

В настоящее время большое практическое значение приобретают достаточно крупные месторождения желваковых фосфоритовых руд Егорьевского, Вятско-Камское и Полпинское месторождения. Это обусловлено тем, что кроме больших запасов в них P_2O_5 , руды этих месторождений достаточно легко обогатимы и для них разработаны технологии добычи и переработки, т.к. на базе этих месторождений ранее функционировали мощные ГОКи, на которых из желваковых фосфоритов производилась фосфоритная мука, содержащая более 19% P_2O_5 . Эта мука непосредственно вносилась в почву в качестве простейшего, экологически чистого фосфора содержащего удобрения пролонгированного действия.

Вышеуказанные месторождения, а, следовательно, соответствующие ГОКи, перерабатывающие их руды, из-за целого ряда объективных причин в конце прошлого и в начале настоящего столетий были разрушены и прекратили свою производственную деятельность.

Исходя из вышеизложенных предпосылок следует, что расширение за счет фосфоритов фосфатно-сырьевой базы в нашей стране, целесообразно осуществить путем возобновления освоения легко обогатимых желваковых фосфоритов вышеуказанных месторождений, а, следовательно, и производства из них на первом этапе фосфоритной более 28 процентной по P_2O_5 муки, что является важнейшей государственной задачей.

Освоение этих крупных месторождений желваковых фосфоритов следует начать с Подмосковского Егорьевского месторождения, расположенного в 80 км к юго-востоку от Москвы на землях трёх Административных районах – Воскресенском, Егорьевском и Коломенском. Добычу и обогащение фосфоритов этого месторождения следует начать с наиболее богатых по P_2O_5 его участков, а именно, Семиславского и Дарищенского, т.к. во-первых, ГИГХСом были разработаны соответствующие технологии добычи и обогащения их руд, во-вторых, аналогичные по составу и свойствам руды успешно обогащались на бывших ГОКах, в-третьих, эти участки содержат до 60 млн. тонн фосфоритной руды и находятся в промышленно развитом регионе, где проживают геологи, горняки, обогатители и электромеханики, которые ранее работали

на ПО «Фосфаты», в связи с чем, они хорошо знают особенности технологии добычи и обогащения Егорьевский фосфоритных руд. (аналогичная ситуация может рассматриваться и на базе Вятско-Камского и Полпинского месторождений), в четвертых, руды этих участков более богаты фосфором, легко обогатимы и из них при комплексном использовании можно извлекать до 90% P_2O_5 , а также получать глауконитовый концентрат, различную кварц содержащую продукцию и, что особенно важно, фосфоритовый концентрат, пригодный для химической переработки на фосфорную кислоту и растворимые концентрированные удобрения. Кроме того, по каждому из вышеуказанных участков имеются данные по вскрыше, фосфоритным пластам, пропласткам с указанием их мощности и объемов, а также запасам и качеству фосфоритной руды в контурах карьеров, Выбор этих участков Егорьевского месторождения для разработки основывается на оценке утвержденных на них запасов фосфоритной руды, обеспечивающих срок их разработки от 20 до 25 лет, а также анализе горно-технических условий эксплуатации карьеров и местонахождении участков относительно обогатительной фабрики и достаточно простой технологии добычи руды и ее обогащения.

Семиславский участок месторождения фосфоритов находится в 7 км к юго-востоку от г. Воскресенск, на левом берегу р. Семиславки, впадающей в р. Москва и относится к Воскресенскому и Коломенскому районам области. На базе этого месторождения в Егорьевске был построен соответствующий ГОК, но по основному назначению он введен не был, т.к. из-за целого ряда причин был перепрофилирован на производство формовочных песков. Этот участок является одним из наиболее крупных по объему фосфоритной руды с промышленными ее запасами 29,7 млн тонн. На значительной ее площади распространения руды сверху над рудным телом в виде вскрышной породы залегают кондиционные формовочные пески с утвержденными в ГКЗ запасами 171 млн тонн. Начиная с 1999 г по 2020 г эти пески добывались в объеме в 1 млн тонн ЗАО «Кварцит» и обогащались с получением из них высококачественного формовочного кварцевого песка. К сожалению, из-за целого ряда конъюнктурных причин этот ГОК полностью разрушен.

Аналогичным по промышленным запасам фосфоритной руды (30,4 млн тонн) является и Дарищенский участок, который расположен частично в Егорьевском и частично в Коломенском районах области, в 18 км к юго-западу от районного центра – г. Егорьевска и приурочен к водоразделу рек Мезенка и Шелонка. Ориентировочная площадь участка составляет 23,7 км².

На данном участке имеется возможность максимальной концентрации горных работ с обеспечением одним карьером более 80% полной потребности в рудном сырье. Недостающее количество руды может быть выполнено за счет последовательного вовлечения в отработку локальных участков.

Фосфоритные руды Дарищенского участка Егорьевского месторождения по своему качественному составу и выходу товарной концентратной фракции сходны с рудами ранее успешно разрабатываемых участков южной группы месторождений (карьеры №10, 11, 12, 15). Именно поэтому по заданию ОАО «ОХК «Уралхим» обществу с ограниченной ответственностью «Леннигипрохим» (ООО ЛНГХ) с привлечением целого ряда специализированных организаций в 2009 г. на базе Дарищенского участка была выполнена работа «Обоснование инвестиций в строительство Егорьевского фосфоритного комплекса, включающего: общую пояснительную записку, обоснование основных технических решений, в том числе горно-геологическую, техническую и экономическую части, хвостохранилище, производство ТФК и обожженного фосфоритного концентрата, энергоснабжение, водоснабжение, канализацию, генплан и транспорт.» При этом достоверность промышленных запасов руды, сравнительно благоприятные геологические и горнотехнические условия, обеспечивающие возможность концентрации горных работ, а также частичная приготовленность этого месторождения к освоению, т.к. до карьера уложена ЖД полотно и сооружены пути-проводы определили Дарищенский участок в качестве основного объекта сырьевой базы рекомендуемого в обосновывающих инвестициях будущего ГОКа. Кроме того, по совокупности технологических и экономических показателей предпочтительной системой разработки основного карьерного поля на Дарищенском участке принят вариант с применением вскрышного роторного комплекса ЭРШР-4500/25 с ОШР 5000/190 (НКМЗ) в сочетании с добычными цепными экскаваторами на рельсовом ходу Es 710 – 2 шт. Данная техника и рекомендуемые технологии обеспечат добычу руды с основного участка с минимальными потерями и разубоживанием руды в объеме 1500 т. т/г.

В этой работе рекомендован комплекс предложений и технических приемов по усовершенствованию ранее действующей на ПО «ФОСФАТЫ» технологии добычи и обогащения руды промывкой, а именно:

- наличие буферного склада исходной руды в голове процесса обеспечивает стабильную подачу руды на обогащение;

- усовершенствованная технологическая и аппаратная схемы рудопромывки, базирующиеся на применении современного высокопроизводительного промывочного и классифицирующего оборудования;

- пониженная граничная крупность классификации с 0,5 до 0,3 мм при промывки руды.

В совокупности указанные приемы обеспечивают следующие балансовые показатели первичного обогащения руды Дарищенского участка промывкой:

- содержание P_2O_5 в перерабатываемой руде 12,5%;

- выход мытого фосконцентрата по сухой массе 43,5%;

- извлечение P_2O_5 из руды в концентрат 70,0%;

- содержание P_2O_5 в мытом фосконцентрате 20,1%.

Анализ технологических данных, приведенных в обосновывающих инвестициях, свидетельствуют о возможности извлечения P_2O_5 в мытый концентрат до уровня 70% за счет более грамотного осуществления операций обесшламливания и гидравлической классификации дезинтегрированной руды, путем использования современных экологических схем и оборудования.

Учитывая вышеуказанные предпосылки, а также, исходя из гранулометрического (*Табл. 1*) и химического (*Табл. 2*) составов руды Дарищенского и аналогичной ее руды и Семиславского участков с учетом содержания в ней и во фракциях +0,5 и -0,5 мм основных примесей (%), а именно Fe_2O_3 (12,5; 8,2 и 14,5), Н.О. (37,0; 17,5 и 50,0) и CO_2 (4,2; 4,9 и 3,7) предложена в двух вариантах наиболее приемлемая качественно-количественная технологическая схема получения из нее мытого концентрата.

В соответствии с этими схемами из фосфоритовой руды вышеуказанных участках Егорьевского месторождения путем их промывки и классификации будет получен мытый фосфоритный концентрат, содержащий более 20% P_2O_5 при извлечении в него пятиокси фосфора от 65,3% (если классификацию осуществлять по граничному зерну 0,5 мм до 71% (если классификацию осуществлять по граничному зерну -0,3 мм. Качество получаемых по такой технологии концентратов и хвостов приведены в *таблице 2*.

Отходы обогащения такой руды после ее промывки и классификации представляют собой хвостовую пульпу крупностью -0,5 (-0,3) мм твердая фаза которой содержит около 30% тонкодисперсной глинистой фракции крупностью менее 0,1 мм. Эти отходы складываются в хвостохранилища намывного типа с возвратом осветленной воды в технологию.

Таблица 1.

Гранулометрический состав руды Дарищенского участка и распределение P_2O_5 по фракциям крупности.

Фракция крупности, мм	Выход, %	P_2O_5	
		Содержание, %	Извлечение, %
1	2	3	4
+50	5,5	21,5	8,8
-50+20	6,5	22,0	11,5
-20+10	5,0	22,5	9,1
-10+5	7,0	22,0	12,4
-5+2	6,5	21,5	11,2
-2+1	4,0	21,0	6,8
-1+0,5	5,5	20,0	8,9
Итого фракция +0,5 мм	40,0	21,5	68,7
-0,5+0,3	4,0	13,0	4,2
-0,3+0,18	11,2	8,0	7,2
-0,18+0,1	24,8	5,5	10,9
-0,1+0,05	6,0	5,6	2,7
-0,05	14,0	5,6	6,3
Итого фракции -0,5 мм	60,0	6,5	31,3
Всего руда	100,0	12,4	100,0

Таблица 2.

Химический состав руды Дарищенского участка с учетом разубоживания по упрощенным данным.

Оксиды	P_2O_5	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	F	CO_2	SiO_2	SO_3	H_2O
в руде	12,5	19,2	12,0	4,2	1,2	5,0	4,12	37,0	-	-
Содержание, %	20,76	31,6	8,6	3,6	1,0	2,4	4,6	18,5	0,8	4,5
	21,48									
Отходы промывки	6,6	11,5	14,5	6,5	1,5	0,7	3,5	50,0	0,7	-

Основные минеральные компоненты твердой фазы хвостов первичного обогащения руды представлены в основном глауконитом, кварцем, фосфатом, глинистыми минералами и в небольших количествах карбонатами, пиритом и минералами группы гидроокислов железа. Гранулометрический состав твердой фазы таких отходов в основном состоит из следующих фракций (мм): +0,3-1,0%; (-0,3+0,18) – 36,0%, (-0,18+0,1) – 31,0%, (-0,1+0,05) – 12,0% и -0,05 -20,0%. Химический состав таких отходов представлен *таблицей 2*, из которой следует, что они содержат ~6,6% P_2O_5 и 14,5% Fe_2O_3 .

Таким образом, эта технология позволяют получать достаточно качественный мытый фосконцентрат, из которого после его сушки и тонкого измельчения производится фосфоритная мука (природное экологически чистое удобрение) требуемого качества по крупности и влажности.

В перспективе из мытого концентрата возможно получение флотацией фосфоритный

концентрат, содержащий свыше 28% P_2O_5 , т.е. пригодного для химической переработки на фосфорную кислоту и высококачественные минеральные удобрения, а из хвостов промывки магнитной сепарацией – глауконитовый концентрат, содержащий примерно 5% K_2O , флотационный концентрат, содержащий примерно 19% P_2O_5 при извлечении в него пятиоксида фосфора до 20% и кварцсодержащие продукты. Кроме того, из мытого концентрата и хвостов промывки, попутно с вышеуказанными продуктами возможно получение фосфор-глауконитового удобрения с суммой питательных веществ ($P_2O_5+K_2O$) более 15%.

В заключении необходимо отметить, что:

Если с разработкой вышеуказанных участков могут возникнуть какие-то трудности, то сырьевой базой для производства фосфоритной муки может явиться соседнее Северское месторождение, которое находится в 25 км к юго-востоку от

Егорьевского месторождения желваковых фосфоритов. Детальная разведка его проводилась в 1974-76 гг. Фосфориты на этом месторождении образованы одним – двумя сближенными флослоями, объединенными в единый промпласт средней мощности 1,05 м с содержанием пятиоксида фосфора 11-12%, содержание же P_2O_5 в мытом первичном фосконцентрате +0,5 мм составляет 21-22%. Горногеологические условия благоприятны для открытой разработки, коэффициент вскрыши – 7,2 м³/т. Запасы фосфоримтной руды на этом месторождении по категории А+В+С1+С2 составляют 169,5 млн тонн.

Фосфоритная мука, получаемая из желваковых фосфоритов, может использоваться не только на бедных Российских кислых дреново-подзолистых и серых лесных почвах, но с положительными результатами и на очень кислых желтоземах и красноземах влажных субтропических почвах, значительные площади которых имеются во Вьетнаме, Лаосе, Камбодже, Таиланде, Бирме, Китае, Индии, Пакистане, экваториальной Африке, Южной Америке и Японии. Поэтому фосфоритная мука, получаемая из желваковых фосфоритов, может с успехом экспортироваться в вышеуказанные страны. ❶

Литература

1. Ратобильская Л.Д., Бойко Н.Н., Кожевников А.О. «Обогащение фосфатных руд» М. Недра, 1979.
2. Набиулин Ю.Н. «Производство и применение фосфоритной муки» Обзорная информация. Серия горно-химическая промышленность. М. НИТЭХИМ 1979.
3. Тимченко А.И. «Ресурсы горно-химического сырья и продовольственная безопасность России – возможность ее освоения и развития в рыночных условиях» Сборник материалов Всероссийского симпозиума «Проблемы фосфатного сырья» (секция литологии фосфатных формаций РАН) – Люберцы. с. 8-11, 1996
4. Тимченко А.И. «Пути развития фосфатно-сырьевой базы в России и странах СНГ» Горный вестник. Специальный вестник. Проблемы фосфатной геологии. М. с. 3-4, 1996
5. Ангелов А.И., Левин Б.В., Черненко Ю.Д. «Фосфатное сырье» М. Недра, 2000.
6. Лыгач А.В. «Разработка технологии комплексного обогащения желваковых фосфоритов с использованием реагентов многофункционального действия» диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – М. 2019

UDC: 622.7

A.V. Lygach, Candidate of Technical Sciences LLC «PGPI» art. scientific. employee, viktor-gog6@yandex.ru

ON THE ISSUE OF THE EXPEDIENCY OF THE PRIMARY DEVELOPMENT OF A LARGE DEPOSIT OF ZHELVAK PHOSPHORITES IN THE MOSCOW REGION

Abstract: The Semislavsky and Dorishchensky sections of the Yegoryevsky deposit of zhelvak phosphorites, which are the most promising for the priority development of large reserves of phosphorous ore, are proposed, since their ores are easily enriched, sufficiently rich in phosphorus, are located in industrially developed regions with the presence of geologists, miners, concentrators and chemists, and technologies have been developed for the extraction and enrichment of such ores. The involvement in the industrial development of these sites of yellow phosphorites will make it possible to obtain the required amount of more than 19% of P₂O₅ phosphorite flour, i.e. natural environmentally friendly fertilizers with associated extraction from such ores in the form of commercial products – glauconite concentrate and quartz sands for various purposes. If necessary, it is possible to produce a high-quality phosphorous concentrate from the washed phosphate concentrate obtained from such ores, suitable for chemical processing into phosphoric acid and water-soluble high-quality phosphorus-containing mineral fertilizers.

Keywords: soil fertility, zhelvak phosphorites, phosphate, kurskite, glauconite, quartz sand, Yegoryevskoye Vyatsko-Kamskoye and Polpinskoye deposits, priority for development Yegoryevsky Semislavsky and Dorishchensky sites, washing, classification, washed phosphorus concentrate, crushing, grinding, drying, washing tails, qualitative and quantitative scheme of primary enrichment of zhelvak phosphorite, flotation phosphorite and glauconite concentrates.

24 февраля 2024 г. исполнилось 70 лет Юрию Александровичу Подтуркину



Юрий Александрович родился в 1954 году в Лысьве Пермской области в семье служащих. В 1981 году окончил горный факультет Пермского политехнического института по специальности «горный инженер-маркшейдер». Служил в радиотехнических войсках ПВО на Дальнем Востоке. Затем успешно работал в различных должностях в области инженерно-геологических изысканий и на горном производстве, участвовал в научно-исследовательских работах по процессу сдвижения горных пород. С 1981 по 1984 работал во Всесоюзном объединении Гидроспецстрой, занимаясь строительством подземных сооружений и выработок. В объединении «Пермнефть» (1985-1990) работал

в должности главного маркшейдера Геологопоисковой конторы. Работая по контракту в Ираке (1989-1990) в области инженерно-геологических изысканий, участвовал в обустройстве нефтяных месторождений. С 1992 года по 1995 год был исполнительным директором внешнеторговой фирмы (ВТФ) «ЭНИКС» производственного объединения «Пермнефтеоргсинтез». Затем работал генеральным директором ВТФ «Пермойл» (1995-2004 гг.), где был дважды отмечен Министерством экономического развития и торговли почетным дипломом «Лучший Российский экспортер» за выдающийся вклад в расширение внешнеэкономических связей, развитие отечественного производства и экспорта, высокую профессиональную культуру. На руководящих должностях Юрий Александрович показал себя высококвалифицированным специалистом в управлении и развитии предприятий и человеческих ресурсов.

В период с 1991 по 2003 год неоднократно повышал свое образование, окончив специальные курсы обучения по основам предпринимательства в институте Джефферсона (1991 г.), менеджмент в Лондонской Школе Бизнеса (1996 г.), управление и развитие человеческих ресурсов в Международном центре Международной Организации Труда (МОТ), Швейцария (2000 г.), а также окончил базовый курс по финансовому менеджменту в Открытом Английском Университете (2003 г.).

С 2004 по 2013 год Ю. А. Подтуркин возглавлял ГУ ГКЗ МПР России, где он показал себя как талантливый организатор и современный руководитель новой формации. Ему удалось не только сохранить, но и возродить в новом качестве уникальную экспертную организацию России – Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых, а также создать интегрированную систему экспертизы на всей территории России, которая состоит из 19 филиалов ФБУ ГКЗ. Известен его вклад в развитие международной деятельности ГКЗ в части: работы в качестве вице-председателя группы экспертов по классификации запасов полезных ископаемых при ЕЭК ООН по разработке рамочной классификации ООН; разработки российского кодекса отчетности о запасах и ресурсах ТПИ (Кодекс НАЭН), принятого CRIRSCO; создания института компетентных лиц в России на базе Общества экспертов России по недропользованию.

Ю.А. Подтуркин был инициатором создания известных общественных организаций: Национальная ассоциация по экспертизе недр, Общество экспертов России по недропользованию, журнал Недропользование XXI век. Во всех организациях, которыми руководил Юрий Александрович, его до сего времени вспоминают добрым словом и это, наверное, является самой важной наградой за многолетний добросовестный труд.

В настоящее время Ю.А. Подтуркин является Президентом компании ООО «РГ консалтинг».

Сердечно поздравляем Юрия Александровича Подтуркина с юбилеем! Желаем дальнейших производственных и творческих успехов, здоровья и активной жизненной позиции!

Коллектив АООН «НАЭН»
Редакция журнала «Недропользование XXI век»



ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ ОПРОБОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

В статье рассматриваются основы опробования руд, положенных в рудный штабель, а также шлама шпуров, проходимых по руде. Рассмотрены основные ошибки, которые встречаются на работающих предприятиях. Целью данной работы является привлечение внимания к проблеме использования непредставительных проб, отобранных из шпуров и рудных штабелей, при составлении 3d моделей месторождений в процессе эксплуатации и даже для принятия решения об отбраковке блока с отправкой его в сохранный отвал. Также рассмотрен вопрос взаимодействия геологических служб предприятий и лабораторий, проводящих исследования эксплуатационных проб.

Ключевые слова: опробование, проба, представительность пробы, методы опробования.



Богуславский М.А.
канд. геол.-минерал. наук
МГУ им. М.В. Ломоносова
доцент
кафедра геологии,
геохимии и экономики
полезных ископаемых
mboguslavskiy@yandex.ru

Опробование – это единственный, не имеющий альтернативы способ выявления достоверных, научно обоснованных сведений о качестве минерального сырья, его технологических свойствах, составе и строении тел полезных ископаемых, свойствах вмещающих пород и т. д. [6]. Однако, ключевым понятием в данном определении является понятие достоверности пробы, потому что не всякая проба, взятая из массива руд или пород, может быть использована при дальнейшей обработке данных и принятии каких бы то ни было решений.

В процессе эксплуатационного опробования месторождений получают данные, которые являются базовыми для всех циклов развития объекта. На этих результатах строятся 3d модели месторождений, строятся контуры рудных тел. Эти данные являются основой

для планов горных работ, а также и финансово-экономической модели.

Поводом для написания данной статьи послужил большой обзорный материал по проведению опробования в процессе эксплуатации месторождений разных типов, а также при разных способах отработки. Обширность моему материалу добавляют студенты нашей кафедры, которые посещают большое количество объектов каждый год в рамках производственных практик. Студенты привозят фото и видео материалы, а также рассказы о том, как они сами проводили эксплуатационное опробование по тем схемам, которые им предлагают их руководители практик на местах.

Целью данной статьи не является уличить кого-то в некомпетентности или публично указать на ошибки в производственном цикле, поэтому конкретных названий месторождений и компаний здесь

приводиться не будет. В рамках данной статьи хотелось бы привлечь внимание главных геологов и руководителей компаний к проблеме опробования и к тем способам, которые применяются на местах, а также к катастрофическим последствиям, к которым может привести использование недоверенных или непредставительных проб.

Методические рекомендации для проведения опробования довольно давно написаны. Они подтверждены большим фактическим материалом. Более глубокое математическое обоснование тем материалам, которые будут изложены в данной работе, вы можете найти в обширной литературе советского периода, когда проводились эти методические работы. Для наглядности будут разобраны несколько часто встречаемых типов эксплуатационного опробования и основные ошибки, которые встречаются на действующих предприятиях.

Опробование шлама шпура

Эксплуатационное опробование в виде взятия проб из шлама, образуемого в процессе бурения скважин для буровзрывных работ (*рис. 1*), является часто встречаемым на месторождениях разных типов. Преимущества такого подхода очевидны: не нужно делать отдельных скважин или борозд для отбора проб. Это экономически оправдано, однако, размещение этих скважин и направление бурения далеко не всегда совпадает с линией максимальной изменчивости, которую необходимо выдерживать для качественного отбора проб. В любом курсе разведки написано, что опробование нужно проводить по линии максимальной изменчивости [1]. В случае скважин для заложения взрывчатого материала, очевидно, что они размещены и направлены так, как необходимо для взрыва, а не для опробования (*рис. 2*).

С таким положением дел можно смириться, но пробы из шлама нужно, если уже принято такое решение и предприятие готово мириться с таким допущением, брать, выдерживая методические рекомендации.



Рис. 1.
Производство шлама на карьере (фото автора).

Основной проблемой здесь является невысокая представительность проб, так как сами скважины могут быть размещены не оптимально (*рис. 2*). При этом главной проблемой является даже не то, как размещены скважины, а как происходит отбор пробы от этого материала скважин. В большинстве случаев, к сожалению, участковый геолог отбирает пробу из одного места и это 1, 2 (в редких случаях больше) килограмма измельченного материала, но это все никак невозможно описать математически. Это случайное место отбора пробы. Для отбора проб из такой кучки руды методически оправдан и рекомендован или горстьевой, или метод вычерпывания (*рис. 3*). Горстьевой метод проще в исполнении, а значит дешевле, но выбор метода зависит исключительно от коэффициента вариации, который на данном объекте характеризует распределение полезного компонента.

В своей докторской диссертации П.И. Кушнарев рассматривает коэффициент вариации для большого количества золоторудных объектов и при этом средний из рассмотренных равен 235% [4]. При этом горстьевой способ может быть рекомендован для объектов, где коэффициент вариации соответствует весьма равномерному распределению полезного компонента, другими словами равному 60% и не ниже.

Вычерпывания не очень удобный метод, так как необходимы усилия по выравниванию кучи и отбору материала до ее основания (*рис. 3б*). Еще этот метод неудобен тем, что необходимо забирать и переносить большую массу материала. Масса пробы получается большой и стоимость ее обработки тоже возрастает, но в противном случае опробование в целом теряет свой смысл, так проба перестает быть представительной. Показано, что величина погрешностей определения содержания только из-за сокращения пробы в некоторых условиях составляет от минус 100 до плюс 1000% и более [2]. В нашем случае взятие тоже можно описать как сокращение пробы. Учитывая наличие уже одного допущения в виде шпуров, расположенных не по линии максимальной изменчивости, при добавлении непредставительных проб можно вообще не проводить опробования и сэкономить таким образом.

Опробование рудного штабеля

Довольно часто применяемым способом при оконтуривании рудной зоны является опробование рудного штабеля, то есть руды, уже отделенной от массива. Этот способ используют для определения содержания полезного компонента в краевых частях, а порой и для определения того, является ли весь эксплуатационный блок, рудой с кондиционным содержанием полезного компонента или нет.

Рудный штабель чаще всего собирается сразу на месте взрывных работ (причем не важно, как проводится отработка месторождения: подземным или открытым способом), а далее отбирается проба, которая отправляется в лабораторию.

Основная проблема, возникающая при опробовании рудного штабеля – это непредставительность отобранной пробы. Нередко участковый геолог или горный рабочий просто отбирает пробу весом пару килограммов и отправляет в лабораторию. Такой подход не может быть рекомендован, так как он не может быть подтвержден или описан никакими математическими моделями.

Здесь, как и в случае с опробованием шлама от шпура, единственным методом, который может быть оправдан для месторождений с коэффициентом вариации больше 60, а это почти все золоторудные месторождения и месторождения цветных металлов – это вычерпывание. В старых руководствах можно найти описание, как горнорабочие разравнивают руду доской и берут пробу на всю глубину получившегося «диска» руды (рис 3б).

Масса получается большой, но в каждом из мест отбора в пробу попадают и мелкие (даже пылевидные) части и крупные куски руды, оставшиеся после взрыва. Такой подход позволяет получить представительную пробу с максимально несмещенным средним.

Сильное запаздывание лаборатории

Отдельная проблема эксплуатационного опробования – это недостаточно быстрая работа лабораторий или недостаточное количество времени, которое оставлено на процесс анализа между взрывом блока, его опробованием и принятием решения о том, куда вести рудную массу.

Очевидный для написания методических рекомендаций момент, становится совершенно неочевидным на работающем предприятии. Геолог, отправив пробу в лабораторию, ждет результатов, а горняки требуют решения, куда везти: в сохранный отвал или на фабрику. Причем нередко на фабрике нужна не просто руда, а руда с определенным содержанием.

На ряде объектов я сталкивался с тем, что геологическая служба не выясняет отношения с лабораторией, а, используя ручной прибор, проводит экспресс анализ. Проблема даже не в погрешности прибора в 20%, а в том, что окно анализа 1мм на 1 мм. При таком анализе результаты вообще непредставительные. Это как составить представление о вкусе и составе борща, попробовав случайный кубический миллиметр объема кастрюли. Может так статься, что борщ будет, неотличим по вкусу от просто вареной картошки.

Это происходит на объектах повсеместно. На крупных и на маленьких, по добыче золота,

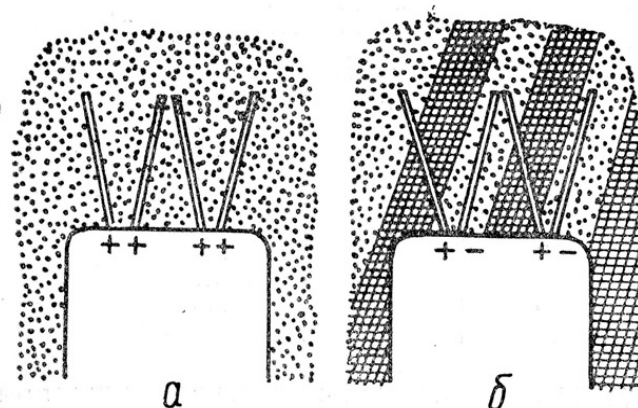


Рис. 2. Порядок отбора материала при шпуровом способе опробования [3]. А – полный сбор материала по равномерно минерализованному рудному телу, б – выборочный сбор материала при бурении по полосчатому телу.

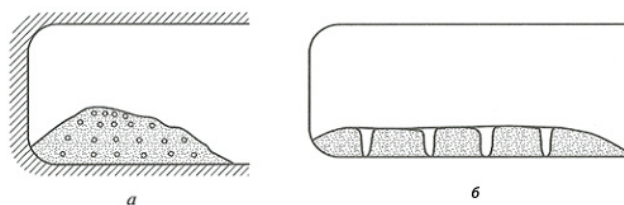


Рис. 3. Методы отбора пробы из измельченной рудной массы. а. Горстьевой; б. Вычерпывания [1].

меди и неметаллических полезных ископаемых. Отладка технологических процессов на эксплуатируемых объектах бывает очень затруднительна. Лаборатории обычно закрывают свои процессы от посторонних глаз и не реагируют на геологов. В таких случаях исключительно желание руководителей предприятий разобраться в происходящем и дать указания сверху может привести к изменению ситуации, по-другому обычно договориться не получается.

Процесс сокращения пробы

Закрытость лабораторий ведет к тому, что не всегда сокращение пробы ведется методически верно. Контролировать процесс сокращения, а также саму лабораторию, когда сокращение происходит в самой лаборатории, довольно сложно.

Сокращение пробы это такой же важных этап в процессе опробования как отбор и сам анализ. Проба, отобранная на объекте, обычно составляет 5-30 кг (в случае, если она отобрана методически верно), а порой сильно больше. Прибор проводит анализ из 100-200 грамм. Процесс сокращения пробы необходим для того, чтобы проба, попадающая в прибор максимально точно отражала среднее содержание характерное для изначально отобранной пробы.

Схемы контроля построены на манипуляциях с этапностью дробления и степенью раскрытия. Внутри лаборатории такие исследования проводить сложно, так как лаборатория перегружена рядовыми пробами. Сами сотрудники не заинтересованы в контроле качества и нередко получается, что без вмешательства руководителей контроль вообще не проводится. К сожалению, геологическая служба на объектах тоже перегружена рутинной работой и не задумывается о представительности и точности проб.

Величину погрешностей, возникающих при сокращении проб, рекомендуется нормировать и контролировать так же систематически, как в настоящее время в сертифицированных лабораториях контролируется качество анализов [2].

Экономика опробования

Кажется, что описанные методы являются трудоемкими, а значит, дорогостоящими. При этом еще и вес начальной пробы возрастает, а значит, происходит удорожание процесса сокращения пробы. Но если есть потребность провести опробование с результатом, который можно использовать в дальнейшем, по-другому не получится.

Представительность рядового опробования влияет на результаты оконтуривания рудных тел и геолого-экономическую оценку месторождения [5]. Опробование, происходящее на ряде объектов, с отбором случайных пары килограмм из кучи руды – абсолютно не имеет смысла. Дальнейшая оплата обработки такой пробы и анализа является потерей денег, так как проба непредставительна. В результате проведенного таким способом опробования кондиционные руды идут в отвал (что нередко подтверждается, когда такие руды волей случая оказываются на фабрике), а некондиционные руды идут на фабрику. В этих

случаях возникает неподтверждение запасов и конфликт геологов, которые вели детальную разведку, и тех, кто ведет эксплуатацию.

Проведение методически выверенного и правильно контролируемого опробования всегда окупится в процессе дальнейшей эксплуатации объекта, так как это неизбежно приведет к проведению более четкого контура кондиционной руды, а значит росту запасов и отсутствию руды с некондиционным содержанием на обогатительной фабрике.

Заключение

Такое отношение к опробованию недопустимо! Непредставительные пробы ложатся в основу 3d моделей и финансово-экономических моделей. Тратятся огромные средства на лабораторные анализы, но это не имеет смысла, если проба отобрана без мысли.

Отбор и обработка проб при эксплуатационном опробовании нередко не попадают в фокус внимания главных геологов и руководства предприятия. Где-то не выполняются предписанные методиками манипуляции, так как это усложняет жизнь участковым геологам, а где-то методические рекомендации никогда и не были доведены до людей на местах.

Представительные пробы – это пробы, отобранные по методически выверенным схемам, сокращенные по схемам, рассчитанным с учетом особенностей конкретного месторождения, а также проанализированные в лабораториях, которые регулярно проходят внешний и внутренний контроль. Если хотя бы один из этих параметров не выполняется, то погрешность всего опробования возрастает до nepозволительных пределов.

Использование непредставительных проб не имеет смысла! ❌

Литература

1. Авдонин В.В., Ручкин Г.В., Шатагин Н.Н., Лыгина Т.И., Мельников М.Е. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов - М.: Академический Проект; Фонд «Мир». – 540 с.
2. Кавчик Б.К. Влияние сокращения геологических проб на результаты опробования и подсчет запасов золоторудных месторождений // Недропользование XXI век. 2020. № 1 (83). С. 122-127.
3. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Изд-во «Недра», 1984 с.
4. Кушнарв П.И. Научно-методические основы количественной оценки разведанности золоторудных месторождений. Авт. Реферат на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. 2021. ФБГУ «ВИМС». 59 с.
5. Кушнарв П.И. Оценка представительности опробования // Геология и охрана недр. 2014. № 3 (52). С. 61-66.
6. Четвериков Л.И. Методологические основы опробования пород и руд. Воронеж: изд-во ВГУ, 1980, 124 с.

UDC: 553.048

M.A. Boguslavskiy, Candidate of Science (Geol.-Mineral.), Docent of the Department of geology, geochemistry and economics of ore deposit, Geological Faculty, Lomonosov Moscow State University, mboguslavskiy@yandex.ru

OPERATIONAL TESTING IN MODERN RUSSIA

Abstract: The article discusses the basics of testing ores placed in an ore stack, as well as the sludge of boreholes traversed through the ore. The main errors that occur in operating enterprises are considered. The purpose of this work is to draw attention to the problem of using unrepresentative samples taken from boreholes and ore stacks when compiling 3d models of deposits during operation and even making a decision to reject the block and send it to a safe dump. The issue of interaction between geological services of enterprises and laboratories conducting research on operational samples was also considered.

Keywords: testing of ore, sampling, representativeness of the sample, methods of ore testing.



АПРЕЛЕВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВНИГНИ – БАЗОВОЕ КЕРНОХРАНИЛИЩЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ФОНДА КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА ВСЕРОССИЙСКОГО МАСШТАБА

С 1975 г. ВНИГНИ ведет работы с керновым материалом, как уникальным источником геологической информации на вещественных носителях. В г. Апрелевка Московской области с тех пор функционирует государственное механизированное кернохранилище, способное обеспечить надлежащее хранение керна, не допускающее утраты его геоинформационного потенциала. В 2003 году кернохранилище вошло в состав ВНИГНИ в качестве филиала «Апрелевское отделение ВНИГНИ», а в 2016-2019 годах институт, руководствуясь государственной программой России «Воспроизводство и использование природных ресурсов», под руководством Федерального агентства по недропользованию, провел масштабную реконструкцию базового кернохранилища Федерального фонда кернового материала, палеонтологических и литологических коллекций и коллекций нефтей нефтегазоносных провинций Российской Федерации.

Ключевые слова: керновый материал, экономика, развитие, эффективность, хранение, нефтегаз, геологоразведочные работы, кернохранилище.



Желдаков Д.И.
ФГБУ «ВНИГНИ»
zheldakov@vniigni.ru

За последнее десятилетие государство всё больше вкладывает средства в инфраструктурные проекты и модернизацию основных фондов. Если обратиться к данным государственной статистики, износ основных фондов к 2018 г. в России составил 46,6 %. По некоторым отраслям он превысил 50 и даже 60 %. Сложно говорить об экономическом росте, если активы предприятий и организаций пребывают в плачевном состоянии. За счет чего нам догонять и перегонять более развитые страны?

Большинство предприятий и организаций как субъектов экономической деятельности, осуществляют инвестиционную деятельность в том или ином объеме. Без этого невозможна стабильная работа, среднесрочное и долгосрочное планирование. Источники средств могут быть разные: собственная прибыль, амортизация, заемные средства, эмиссия акций и облигаций, средства вышестоящих организаций.

В Бюджетном кодексе Российской Федерации дано следующее опреде-

ление. Бюджетные инвестиции – это бюджетные средства, направляемые на создание или увеличение за счет средств бюджета стоимости государственного (муниципального) имущества. Далее в статье 79 написано, что это капитальные вложения в создание объектов капитального строительства или приобретение недвижимости. Впоследствии построенные, модернизированные или приобретенные объекты закрепляются за государственными учреждениями и предприятиями на праве оперативного управления или хозяйственного ведения. Из определения бюджетных инвестиций можно понять, что на средства из бюджета могут рассчитывать только государственные предприятия и организации. Однако это не так. Негосударственные юридические лица тоже имеют право на бюджетные деньги. Но в этом случае государство в лице РФ, региона или муниципального образования (смотря из какого бюджета пришли деньги) должно получить долю в уставном капитале предприятия, равную его участию в финансировании проекта.

Государство, как и частный инвестор, также ищет ответ на вопрос, куда эффективнее всего вложить деньги. Бюджетные инвестиции осуществляются с целью: увеличения стоимости активов государства; повышения эффективности работы и конкурентоспособности значимых для экономики предприятий и учреждений; восстановления инфраструктуры жизненно важных отраслей; снижения износа объектов недвижимости в бюджетных учреждениях.

Инвестирование за счет средств бюджетов всех уровней осуществляется после заключения госконтрактов. Государство, выступая в качестве инвестора, заинтересовано в эффективности финансируемого им проекта. Государственные контракты заключаются на: проектные и изыскательские работы; строительство; реконструкцию; реставрацию; техническое перевооружение; приобретение объекта.

Средства из бюджета направляются государственным заказчикам (государственным органам) или организациям, которым госорганы передали свои полномочия в рамках заключения специального соглашения. Такими уполномоченными органами выступают как государственные корпорации и компании, так и госучреждения, которые будут инвестировать бюджетные деньги в свои объекты. Эти объекты затем перейдут в собственность Российской Федерации. Представляется, что главная цель бюджетного финансирования – это повышение темпов роста экономики и уровня жизни людей.

Нефтегазовая отрасль в России – одна из основ экономического развития страны. Инвестирование в отрасль, которая является основным

драйвером роста экономики, всегда эффективно. Открытие новых нефтегазоносных участков является приоритетной задачей страны. Геологоразведочные работы вкупе с научным анализом кернового материала глубоких скважин позволяет оценить нефтегазоносность и дать прогноз по перспективности обширных участков осадочных бассейнов.

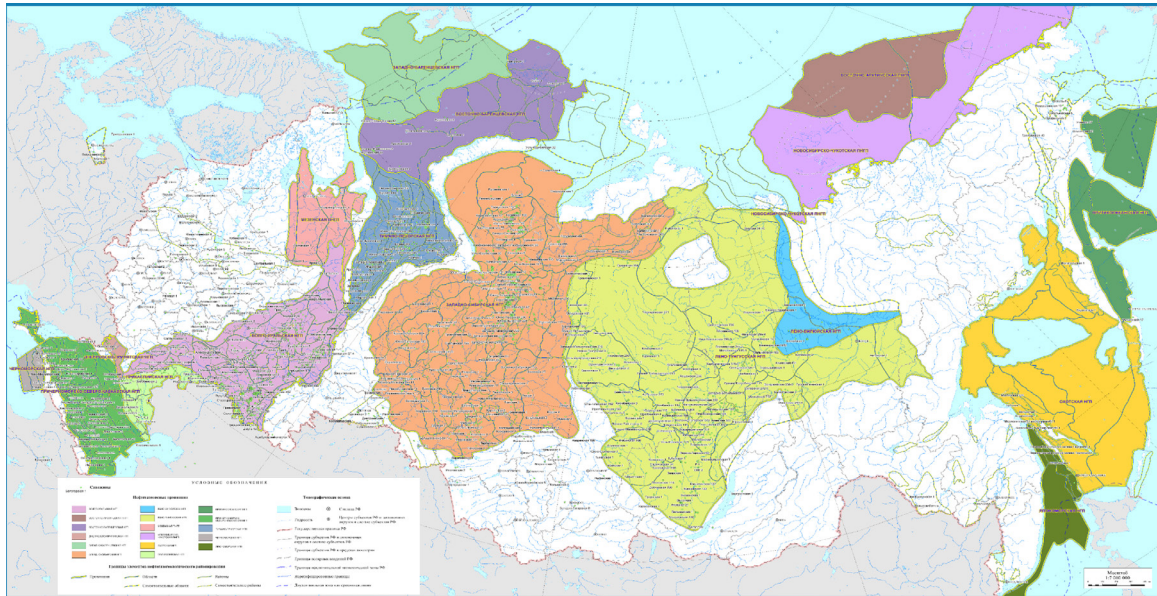
Изучение кернового материала, как единственного вида геологической информации на вещественных носителях, добываемого непосредственно из продуктивных комплексов при бурении скважин, имеет огромное значение при ведении государственной экспертизы запасов полезных ископаемых, кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых, учёта баланса запасов полезных ископаемых.

Хранение кернового материала является государственной задачей, причём не только в России, но и во многих развитых странах, таких как США, Канада, Норвегия.

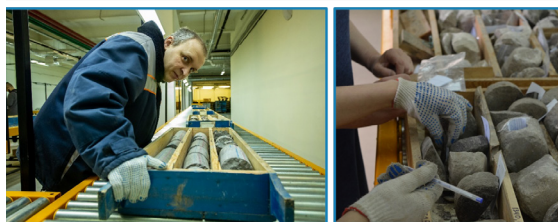
Эксперты называют кернохранилище каменной библиотекой недр. Посвященному человеку поднятые на поверхность образцы способны рассказать о прошлом не хуже иной книги. По керну можно судить об изменениях климата, геодинамической обстановке, существовавших в определённую геологическую эпоху видах флоры и фауны и – самое главное для нефтяников – о форме и размерах, вмещающих нефть и газ песчаных тел. Между тем, еще не так давно отношение к керну было попросту пренебрежительным. Добытый с великим трудом из многочисленных скважин, он зачастую как попало загружался в местные керносклады, а в тяжёлый для геологии перестроечный период на «слепки недр» и вовсе махнули рукой. Иногда керн выбрасывался прямо на улицу... ради добротных досок тары. В результате к середине 90-х в стране оказались уничтоженными около 50 % керна. К слову сказать, стоимость одного погонного метра керна составляет от 150 до 350 тысяч рублей.

Нефтяные специалисты иногда заявляют, что в современную эру компьютерного трехмерного моделирования значение данных керна снижается. Ничто не может быть дальше от правды, чем это высказывание. Четыре аспекта показывают, насколько важны сегодня данные керна.

Первый – главные изменения, происходящие в тенденции развития промышленности. Нефтедобытчики столкнулись с необходимостью увеличения нефтеотдачи посредством разных методов. Ни один из них не может быть рационально распланирован и применен без твердого понимания характеристик резервуара, т.е. данных керна.



Карта нефтегазоносных провинций России и размещение скважин, хранящихся в Федеральном Фонде ядерного материала.



Второй – данные образцов сейчас пересматриваются, поскольку быстрое развитие геологии, геофизики и инженерных наук сопровождается «компьютерной революцией». Это продвижение требует переосмысления, а иногда переработки данных по образцам в свете нового понимания. Стратиграфия, сейсмический анализ, геостатистическое моделирование, объемное моделирование – все эти инновации возможны только при использовании новых и существующих данных по керну.

Третий – благодаря упорному внедрению новых методов и технологий нефтеотдача во всем мире значительно увеличилась. Несмотря на это, в большинстве случаев 60-70% потенциально извлекаемых ресурсов остаются в недрах.

Что будет в будущем – можно только предполагать. Ожидается, что совершенствование технологий продолжится и будет зависеть так же, как и было в прошлом, от улучшений в понимании строения резервуара. Будет развиваться новая аналитическая техника и аппаратура. Все это превращает керн в незаменимые ресурсы. Увеличивается его значимость как источника данных, расширяющих области аналитических данных, получаемых из него, а также высокая стоимость его извлечения.

В настоящее время недропользователи обязаны обеспечивать сохранность образцов горных пород, керна, и иных материальных носителей до их передачи в государственные специализированные фонды. В соответствии с Законом

РФ «О недрах» от 21.02.1992 N 2395-1 одной из основных задач государственных специализированных хранилищ ядерного материала – это обеспечить полноценный сбор всех стратегических данных о недрах и запасах углеводородов.

С 2013 года на базе Всероссийского научно-исследовательского геологического нефтяного института (ФГБУ «ВНИГНИ») в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.08.2013 N 657 (ред. от 22.12.2017) «Об осуществлении бюджетных инвестиций в проектирование и реконструкцию объекта федерального государственного бюджетного учреждения, находящегося в ведении Федерального агентства по недропользованию» осуществлялась реконструкция базового хранилища Федерального фонда ядерного материала, палеонтологических и литологических коллекций нефти нефтегазоносных провинций России филиала «Апрелевское отделение ВНИГНИ» ФГБУ «ВНИГНИ».

Новый комплекс должен сконцентрировать ядра всех параметрических и поисковых скважин в одном месте, и организовать его всестороннее изучение.

ФГБУ «ВНИГНИ», в рамках исполнения указанного Постановления Правительства РФ, отводилась роль государственного заказчика на основании соглашения о передаче полномочий по управлению и распоряжению бюджетными средствами с Федеральным агентством по недропользованию. Целью проекта реконструкции хранилища являлось создание современного Федерального хранилища и воссоздание единой системы сбора, хранения и изучения ядерного материала.

Проектирование объекта происходило с 2013 по первый квартал 2014 года, а сдача проектно-сметной документации в ФАУ «Главгосэкспертиза» в конце 2014 года, Общая стоимость бюджетного инвестиционного проекта к окончанию строительства в 2019 году с учётом индексации и дополнительных субсидий на оснащение научно-аналитического центра базового хранилища составила 4,3 миллиарда рублей.

В результате реконструкции объём хранения ядерного материала увеличен более чем в 20 раз – до 2 000 000 погонных метров ядра и сегодня хранилище уверенно обеспечивает сбор, систематизацию, изучение, централизованное хранение и предоставление в пользование ядра скважин, пробуренных за счёт госбюджета и средств недропользователей. В научно-аналитическом центре, включающего в себя 10 лабораторий, проводится комплексное литологическое, петрофизическое и геохимическое исследование ядерного материала. Это самое большое и современное хранилище на территории России.

На сегодняшний день Федеральный фонд ядерного материала, литологических и палеонтологических коллекций и коллекций нефти нефтегазоносных провинций России на базе Апрелевского отделения ФГБУ «ВНИГНИ» представляет собой современный научно-технический кластер Роснедр, главной задачей которого является работа с каменным материалом, всестороннее его изучение, систематизация и последующая оцифровка полученных данных. ^(XXI)

UDC: 330.5.051

D.I. Zheldakov, Federal State Budgetary Institution «All-Russian Scientific Research Geological Petroleum Institute» (FSBI VNIIGNI), zheldakov@vniigni.ru

THE APRELEVKA BRANCH OF VNIIGNI IS THE BASIC CORE STORAGE FACILITY OF THE FEDERAL CORE MATERIAL FUND OF THE ALL-RUSSIAN SCALE

Abstract: Since 1975, VNIIGNI has been working with core material as a unique source of geological information on physical media. Since then, a state-owned mechanized core storage facility has been operating in Aprelevka, Moscow Region, capable of ensuring proper core storage, preventing the loss of its geoinformation potential. In 2003, the core storage facility became part of VNIIGNI as a branch of the Aprelevka Branch of VNIIGNI, and in 2016-2019, the Institute, guided by the Russian state program "Reproduction and Use of Natural Resources", under the leadership of the Federal Agency for Subsoil Use, carried out a large-scale reconstruction of the basic core storage facility of the Federal Fund of Core Material, paleontological and lithological collections and collections of oil and gas bearing provinces of the Russian Federation.

Keywords: core material, economics, development, efficiency, storage, oil and gas, geological exploration, core storage.



ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Обеспечение экономического роста российской экономики – один из дискутируемых вопросов в науке и бизнес-сообществе. Активно исследуются действенные инструменты и управленческие технологии интенсификации развития различных отраслей и производств. Особую значимость данные вопросы приобретают в контексте развития угледобывающей промышленности, играющей ключевую роль в российской и мировой энергетике не только с позиции обеспечения ресурсами смежных производств, создания рабочих мест, но и с позиции экологической повестки – в процессе сжигания угля при его использовании в энергетике образуются выбросы в атмосферу токсичных веществ и угольной пыли, а формируемые в процессе добычи угля отвалы являются потенциальными хранилищами углерода. Цель исследования состоит в анализе промежуточных результатов реализации Долгосрочной программы развития угольной промышленности России, влияния внешних факторов на перспективы развития отрасли, ее инвестиционную привлекательность, определяющую вероятность притока инвестиционных ресурсов для обеспечения дальнейшего роста. Результаты исследования представлены в виде оценки основных эффектов реализации Программы-2030, стратегическом исследовании перспектив роста угольной промышленности России в условиях снижения доходов отрасли из-за изменения логистических схем, сворачивания долгосрочных контрактов на поставки ископаемых топлив, ограничения инвестиций в проекты традиционной энергетики, антироссийских санкций. Для достижения поставленной цели использовались методы обобщения, систематизация, структурный, ситуационный, системный анализ, диалектический подход, анализ статистических показателей, отражающих динамику развития отрасли в свете реализуемой Программы. Дальнейшее исследование будет направлено на оценку реалистичности Программы-2035 с точки зрения целей, обозначенных способов их достижения, прогнозируемых результатов, гармонизации интересов всех заинтересованных сторон.

Ключевые слова: экономический рост, угольная промышленность, программа развития, промышленная политика, зеленая энергетика.



Уланов В.Л.
д-р экон. наук, профессор
НИУ ВШЭ
vulanov@hse.ru



Иванова Е.А.
канд. экон. наук, доцент
СибГИУ
ivanovaev75@mail.ru



Семина И.С.
канд. биол. наук, доцент
СибГИУ
semina.i@mail.ru

Проблемы экономического роста российского бизнеса обостряются при недооценке трудностей догоняющего развития и роли государства в экономике. В меняющихся условиях рынка трансформируются хозяйственные связи, появляется потребность в элементах мобилизационной экономики, российским компаниям приходится предпринимать усилия и задействовать управленческие технологии ранее не используемые.

Проектируемый образ экономического роста, а также комплекс мер по его интенсификации находит воплощение в разрабатываемых стратегиях развития отдельных отраслей российской экономики. При недостаточной эффективности процессов разработки или реализации отраслевой стратегии в перспективе может снизиться привлекательность отрасли для существующих и потенциальных работников, произойти потеря квалифицированных кадров, рост издержек на привлечение и удержание персонала, а в итоге – повышение затрат на производство, недополучение объемов готовой продукции, снижение рентабельности бизнеса. В социальном плане такие тенденции чреваты для ресурсодобывающих регионов оттоком населения и, как следствие, возникновением процессов стагнации экономики и вымирания территорий, что отнюдь не способствует экономическому развитию отрасли, региона, страны в целом.

Экономический рост, понимаемый как увеличение количества производственных ресурсов, объемов выпускаемой продукции, в изначальном смысле становится для российской угольной промышленности, обеспечивающей около 2 % ВВП, около 40 % грузооборота, четверть экспортной валютной выручки страны, 27 % первичного энергопотребления и 36 % мирового производства электроэнергии¹ в ближайшей перспективе невозможным. В этой связи особую важность приобретает проблема эффективного проекти-

рования и реализации такого стратегического документа, как Программа развития угольной промышленности России, отражающего обоснованность государственной промышленной политики, способной интенсифицировать экономический рост, а в отдельные периоды стабилизировать социально-экономическую и общественно-политическую ситуацию, особенно в тех регионах, где угледобывающая отрасль является определяющей.

Методы

Научно обоснованные подходы к решению проблем обеспечения устойчивого развития и экономического роста предприятий добывающей промышленности представлены в трудах российских и зарубежных ученых: М. И. Ахметовой, Л.М. Плюсниной, М.А. Рычаговой [1], М. Эриксона, О. Лофа [2], Т. Эддисона, А. Роу [3], Д. Хамфриса [4], Г.И. Архипова [5], А.А. Ши-хова [6], П. А. Гурьянова [7], В.С. Литвиненко [8,9], Т.В. Пономаренко [10], А.Е. Череповицын [11, 12] и др.

В исследованиях В. М. Зайцевой, Л.О. Жигальской [13], Ю.В. Мелешко [14], А.В. Кунченко, Н.В. Гонтовой, Е.Ф. Кунченко [15] определены условия, обеспечивающие выполнение добывающей промышленностью роли драйвера устойчивого роста национальной экономики, богатой сырьевыми ресурсами. В качестве таких условий выделены, прежде всего, тесные, длительные производственные связи добывающей промышленности со смежными отраслями экономики страны, качественный состав ресурсной базы, отсутствие внешних ограничений, технологическое переоснащение производства. Значимыми факторами экономического роста добывающей промышленности, а, как следствие, и экономики в целом Ю.В. Мелешко [16], Мусаева Н.Н., Терехова Я.Д. [17], В.Л. Уланов [18], К. Сёдерхольм и Р. Виклунд [19], Гизе Г. [20] называют инвестиции компаний отрасли в улучшение экологической

среды, в развитие социальных условий труда своих сотрудников, особенности экономической, и в частности, промышленной политики, реализуемой государством.

В 2020 году Правительство Российской Федерации утвердило Программу развития угольной промышленности страны до 2035 года, сменившую принятую еще в 2012 году Долгосрочную программу развития угольной промышленности России на период до 2030 года². Оба указанных документа стратегического управления направлены на повышение конкурентоспособности угольной отрасли, обеспечение высоких темпов ее развития, финансовой устойчивости, увеличение синергетического влияния на экономику через смежные отрасли (металлургию, грузоперевозки, химическую промышленность), что, в конечном итоге находится во взаимозависимости с уровнем интереса существующих и потенциальных инвесторов к проектам освоения угольных месторождений, модернизации действующих предприятий, строительству новых обогатительных фабрик, а следовательно порождает научную и практическую потребность:

- количественной оценки промежуточных итогов исполнения программы развития угольной промышленности-2030;

- сравнительного анализа Программы-2030 и Программы-2035 в части целей, декларируемых способов их достижения, ожидаемых результатов;

- оценки реалистичности Программы-2035 с позиций Федерального Закона № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»³.

Целью настоящего исследования является выявление уровня достижения ключевых индикаторов и показателей Программы-2030. Для решения поставленной задачи использовались системный и диалектический подходы, структурный и ситуационный анализ, обобщение и систематизация научных концепций и идей.

Обсуждение результатов

В Программе развития угольной промышленности-2030 ключевой целью в рамках осуществления государственной долгосрочной энергетической политики и перехода к инновационному социально-ориентированному типу

развития страны ставилась реализация конкурентных преимуществ угольных компаний России, что подразумевало поэтапное достижение следующих целевых индикаторов:

- первый этап: 2011-2015 годы – модернизировать и обновить 25% мощностей угледобывающих предприятий, обеспечить рост производительности труда в отрасли в 1,3 раза;

- второй этап: 2016-2020 годы – модернизировать и обновить 50% мощностей угледобывающих предприятий, а производительность труда в отрасли увеличить в 2,4 раза;

- третий этап: 2021-2030 годы – модернизировать и обновить 100% мощностей, обеспечить рост производительности труда в 5 раз.

При этом также планировалось довести рентабельность активов до 25%, повысить уровень промышленной и экологической безопасности в отрасли по ключевым показателям, нарастить в 1,5 раза объем поступлений в бюджет.

Проанализируем динамику основных показателей, характеризующих развитие угольной промышленности за период 2011-2022 гг.

Данные о среднем возрасте оборудования (**таблица 1**), позволяющие оценить состояние материально-технической базы отрасли, свидетельствуют о наличии в добывающей промышленности более молодых основных средств по сравнению со среднеотраслевыми значениями, однако если за рассматриваемый период средний возраст машин и оборудования в целом по отраслям экономики России увеличился в 1,05 раза, а средний возраст транспортных средств даже снизился на 28 %, то в добывающей промышленности наблюдается увеличение среднего возраста машин и оборудования в 1,12 раза, транспортных средств – в 1,07 раза.

При этом сравнение темпов роста ввода основных средств в целом по российской экономике и по добывающим отраслям показывает, что темпы ввода основных фондов в добывающей промышленности практически соответствуют темпам ввода основных средств в экономике страны, при этом примерно в половине случаев на протяжении рассматриваемого периода добывающая промышленность уступает среднероссийским значениям (**рис. 1**).

Несмотря на более высокие значения коэффициента обновления основных фондов в

1. Гоосен Е.В., Никитенко С.М., Саблин К.С. Развитие угольной промышленности и угольного рынка. – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://indpolicy.hse.ru/data/2023/10/10/2046952397/%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B5_%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8_%D0%B8_%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0.pdf (дата обращения 30.10.2023).

2. О Долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 года // Кодекс : информационно-справочная система. – Электронные данные. – Москва, 2023. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902332090 (дата обращения: 30.10.2023).

3. О стратегическом планировании в Российской Федерации: фед. закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ (последняя редакция) // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. – Электронные данные. – Москва, 2023. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/ (дата обращения: 30.10.2023).

Таблица 1.

Средний возраст имеющихся на конец года машин и оборудования по отраслям экономики в РФ, лет
Составлено по данным Федеральной службы государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>.

Вид основных средств	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Машины и оборудование												
по всем отраслям экономики в РФ	11,2	11,5	11,2	11,2	11,2	11,3	11,4	11,5	11,5	11,7	12,1	11,8
в отрасли Добыча полезных ископаемых	7,6	8,3	8,2	8,0	7,9	7,2	7,9	8,0	8,1	8,5	8,9	8,5
Транспортные средства												
по всем отраслям экономики в РФ	11,8	11,4	11,3	11,4	11,1	10,8	10,6	10,5	10,0	9,7	9,4	9,7
в отрасли Добыча полезных ископаемых	7,6	7,4	7,8	7,4	8,0	7,9	7,5	8,2	8,1	8,0	8,9	8,1

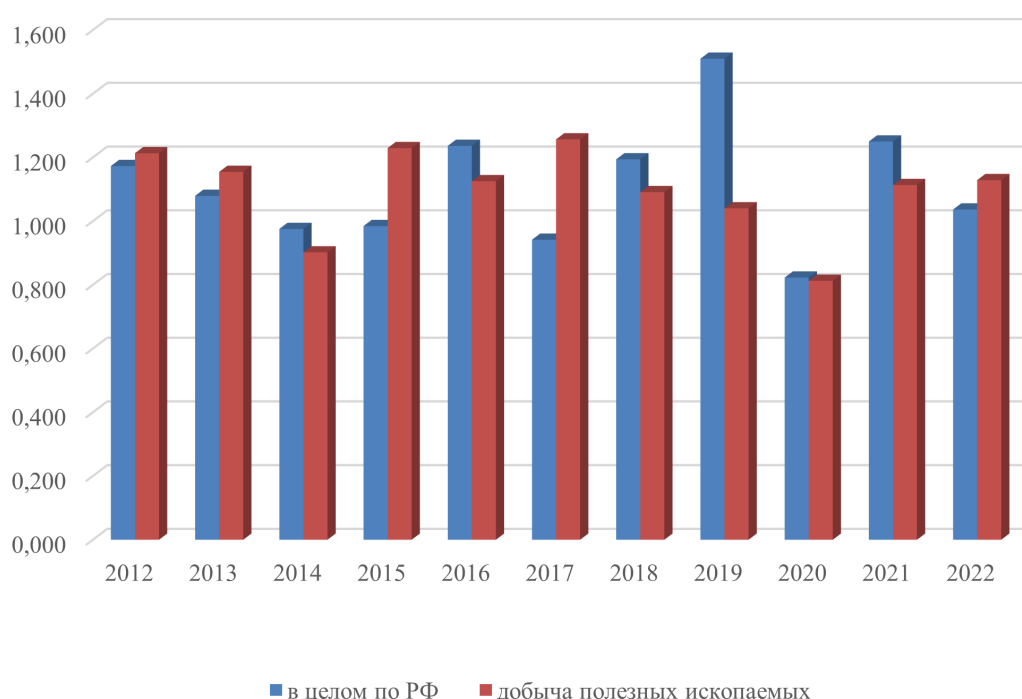


Рис. 1.

Динамика темпов роста ввода основных фондов в РФ⁴.

добывающей промышленности в 2012-2022 гг. по сравнению с экономикой в целом (рис. 2), степень износа основных фондов в добывающей промышленности существенно превышает среднероссийские показатели (рис. 3) и приближается к критическим отметкам, увеличившись за рассматриваемый период более чем на 14 % (с 52,2 % в 2012 г до 59,7 % в 2022 г).

Как теперь видно, темпы модернизации и обновления угледобывающих мощностей не только были ниже прогнозируемых 50-60 % к 2020-2022 годам, но и устойчиво увеличивался удельный вес полностью изношенных основных фондов угледобывающих компаний (15,8 % в 2017 г. и 20,4 % на конец 2021 г.).

Анализ динамики индекса производительности труда по состоянию на конец 2022 года (рис. 4), позволяет констатировать, что темпы изменения производительности труда в добывающей промышленности заметно отличались от намеченных в Программе-2030: производительность труда в отрасли добычи полезных ископаемых фактически с 2011 г. по 2020 г. выросла на 14% против запланированных 312 %), а по итогам 2020 г. и 2022 г. изменения производительности труда были отрицательными. При этом лишь в 2014-2016 гг. производительность труда в добывающей промышленности превышала аналогичный показатель по российской экономике в целом.

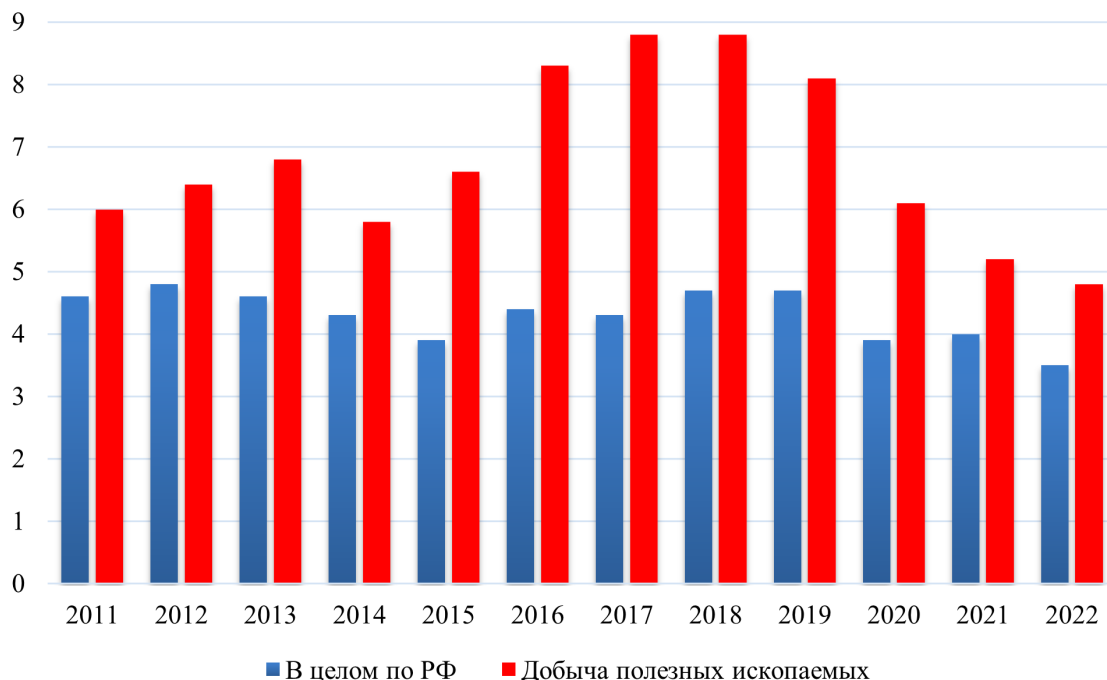


Рис. 2. Динамика коэффициентов обновления основных фондов в РФ (в сопоставимых ценах)¹.

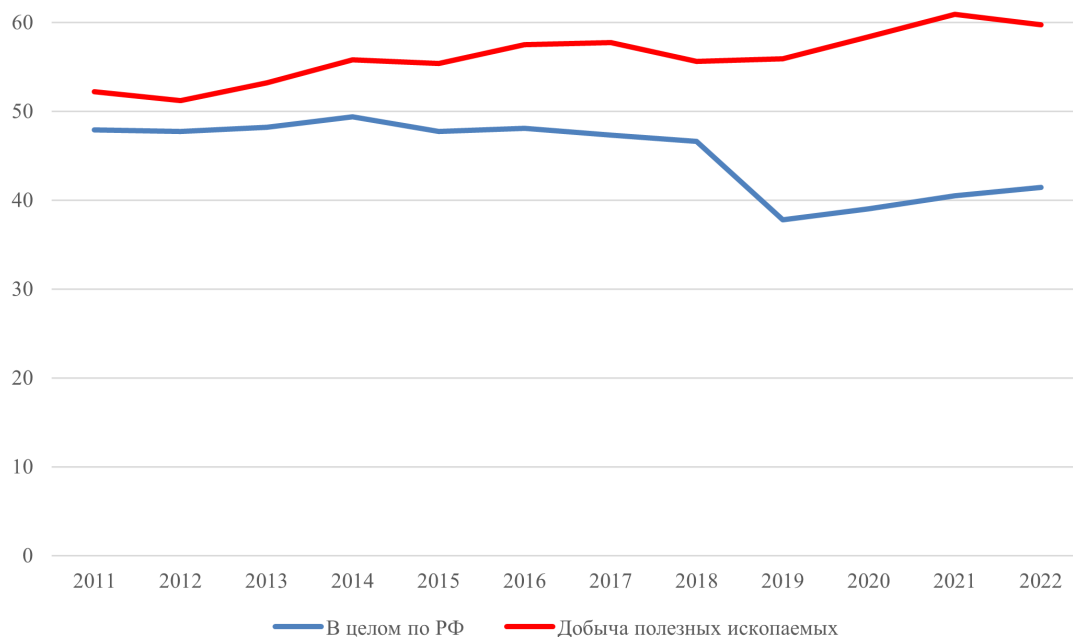


Рис. 3. Динамика уровня износа основных фондов, %¹.

Как демонстрируют данные **рис. 4 и 5**, в течение 10 лет после принятия Программы-2030 не только не произошло существенного роста производительности труда как обобщающего показателя эффективности деятельности отрасли, но и имело место отставание темпов роста производительности труда от темпов роста среднемесячной номинальной заработной платы, что свидетельствует о неэффективном использовании ресур-

сов, поскольку именно обратное соотношение указанных темпов роста способствует успешному развитию общественного производства в экономике на микро-, мезо- и макроуровне.

Безусловно, повышение производительности труда и экономический рост в добывающей промышленности в значительной степени обусловлен реализуемыми программами по реструктуризации отрасли, объемом инвестиций

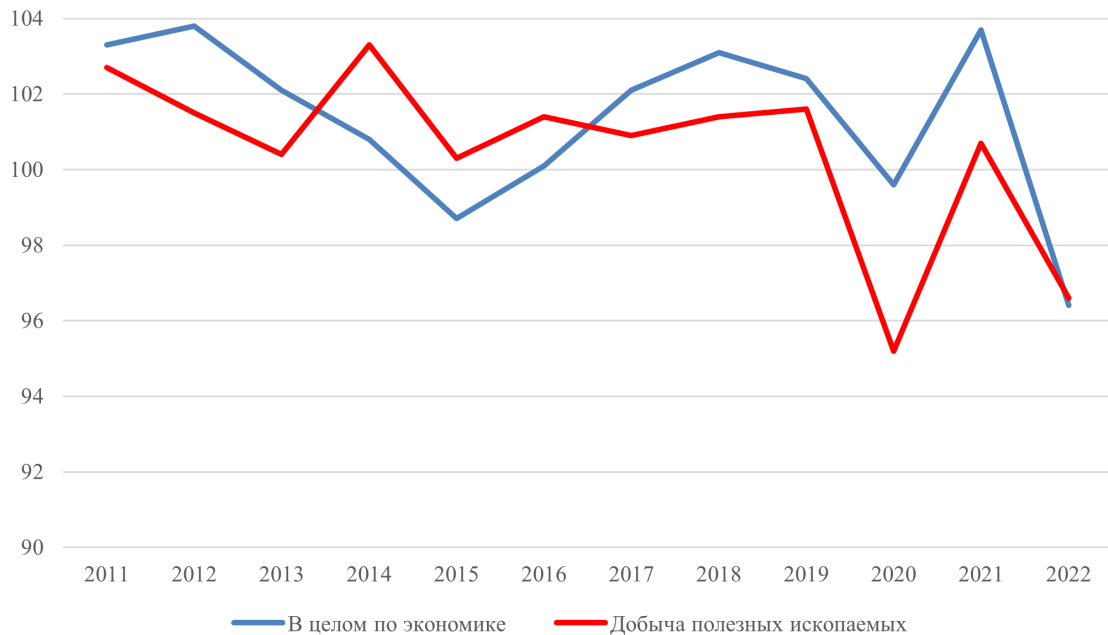


Рис. 4. Динамика темпов роста производительности труда в экономике РФ (в % к предыдущему году)¹.

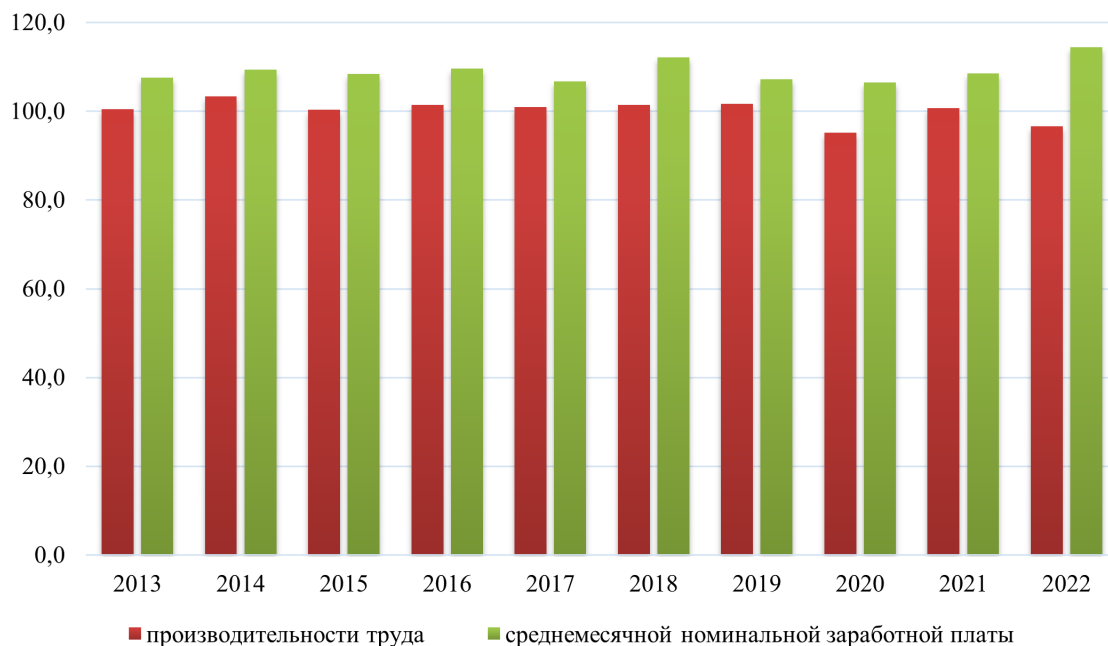


Рис. 5. Динамика индексов производительности труда и среднемесячной номинальной заработной платы в добывающей промышленности (в % к предыдущему году)⁵.

в техническое перевооружение действующих и строительство новых предприятий. При этом анализ динамики инвестиций в основной капитал угледобывающих компаний (рис. 6) свидетельствует о сокращении объема вложений капитала в реструктуризацию отрасли в 2018-2021 гг., что сокращает возможности предприятий отрасли использовать интенсивные резервы экономического роста.

Нельзя не согласиться с позицией Ю. В. Мелешко [14] относительно того, что атомистический взгляд на горную промышленность не позволяет раскрыть роль горной промышленности в социально-экономическом развитии современного общества.

Наличие богатых запасов природных ископаемых при неэффективном государственном управлении и слабой диверсификации эконо-

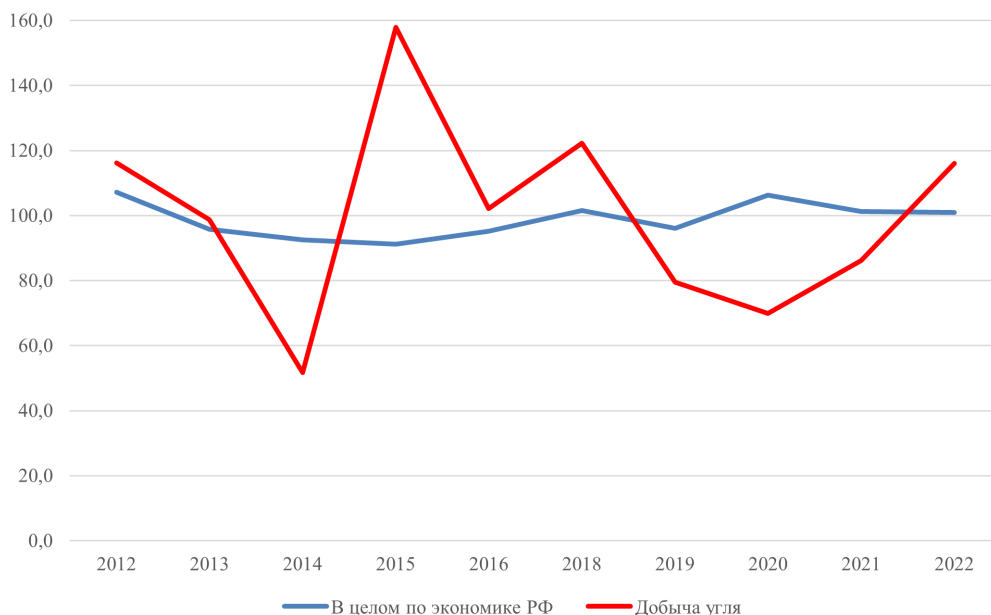


Рис. 6. Динамика темпов изменения объемов инвестиций в основной капитал, направленных на ре-конструкцию и модернизацию.

мики обуславливает ее сырьевую зависимость, нестабильность экспортных доходов и финансирования расходов бюджета в результате волатильности конъюнктуры на мировых рынках. Срабатывает так называемый «парадокс изобилия» (известный также как феномен «проклятие ресурсов»), когда развивающиеся страны, обладающие большими запасами природных ресурсов, являются менее экономически эффективными нежели государства, столь существенными ресурсами не обладающие. Следствием слабой диверсификации экономики, ее ориентации преимущественно на экспорт сырьевых товаров являются низкие значения индексов развития человеческого капитала, неблагоприятная экологическая обстановка, активные миграционные процессы с преобладанием центробежных сил, усиление социальной и политической напряженности. Особенно ярко данные тенденции проявляются в узкоспециализированных промышленных регионах [5, 6, 20].

Повышение транснационализации экономики осложняет переход от экономики «сырьевого» типа к экономике индустриального типа за счет характерного для крупных горнодобывающих компаний в условиях развитой международной торговли «анклавного развития» [9]: компании в большей степени стремятся к размещению производств в странах с более дешевыми

ми ресурсами (материальными, трудовыми), используя выгоды от интернационализации, и в меньшей степени – к вертикальной или диагональной интеграции с обрабатывающими производствами, научной, образовательной, финансовой сферой внутри страны.

Обобщение результатов исследования отрасли доказывает, что экономический рост в добывающей промышленности, и в частности, в угледобыче, может быть обеспечен за счет следующих факторов:

- увеличения потребления энергии вследствие развития мирового народного хозяйства, увеличения численности населения, научно-технического прогресса;
- роста генерации электрической и тепловой энергии на основе использования угля;
- повышения объемов и глубины обогащения угля с целью производства продукции с высокой добавленной стоимостью;
- развития технологий переработки отходов углеобогащения для производства высокотехнологичных продуктов (синтез-газа, синтетических жидких моторных масел, строительных полимеров, электрической и тепловой энергии на основе струйно-эмульсионных процессов).

По оценкам экспертов [21], каждая стадия переработки угля обеспечивает прирост добавленной стоимости на 30-150%. Экономиче-

4. Составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики [URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>]

5. Составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики [URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries]

6. Уровень газификации в России достиг 73%. – URL: [URL: Уровень газификации в России достиг 73% \(smotrim.ru\)](https://smotrim.ru) (дата обращения 20.11.2023).

7. Эксперт пояснил, почему в России низкий уровень газификации. – URL: [URL: Эксперт пояснил, почему в России низкий уровень газификации | Экономика | Деньги | Аргументы и Факты \(aif.ru\)](https://aif.ru) (дата обращения 20.11.2023).

ский эффект обеспечивается не только в результате роста добавленной стоимости, но и за счет более рационального использования транспортной инфраструктуры, высвобождения транспортных мощностей, перевозящих сырье. Кроме того, возникают сопряженные социальные эффекты – создание новых рабочих мест, улучшение экологической обстановки, замедление оттока населения из промышленных регионов.

Угледобыча продолжает оставаться важнейшей частью энергетики, обеспечивая более трети производства всей электроэнергии [22]. В отдельных регионах в силу географических, климатических, технологических условий уголь является практически единственным источником генерации тепловой и электроэнергии. Ряд публикаций [23, 24, 25] содержит прогнозы падения спроса на уголь, обусловленные следующими причинами:

- условия Парижского климатического соглашения 2015г, предполагающего сокращение выбросов и замещение угля возобновляемыми источниками энергии;
- снижение цен на газ;
- климатические изменения, усиление приверженности к экологической повестке, тенденции декарбонизации [26, 27, 28, 29];
- высокая сравнительная стоимость производства в силу старения оборудования и необходимости его модернизации, повышения ФОТ в связи с растущим дефицитом кадров [30];
- конкуренция со стороны возобновляемых источников энергии (газ, нефть).

Международное энергетическое агентство (МЭА) также прогнозировало в 2019г сокращение угледобычи ежегодно до 2024г более, чем на 5% [31]. В то же время статистические данные по российской промышленности свидетельствуют не только об обратном, но и о более высоких темпах роста добычи угля по сравнению с другими видами энергетических ресурсов (*табл.2*). Как видно из таблицы, за последние 10 лет темп роста добычи нефти составил 105 %, природного газа – 104 % (117 % в 2021г), в то время как темп роста добычи угля – 122 %. И наращивание угледобычи будет продолжаться, поскольку, несмотря на относительно высокий уровень газификации в России (73 % на начало 2023г)⁶ и колоссальные запасы газа, последний трудно рассматривать в качестве ключевого энергетического ресурса в силу высокой стоимости строительства инфраструктуры (низкая плотность населения при больших расстояниях) и невысокой внутренней цене газа для населения, что делает проекты использования газа убыточными. Европейские страны при более высокой стоимости газа для населения имеют сравнительно низкий уровень

газификации (Германия – 47 %, Франция – 38 %, Испания – 32 %, Финляндия 3%, Швеция – 1 %, Норвегия – 0,2 %) ⁷, поэтому ориентированы преимущественно на использование угля (исключение составляет Норвегия, продвигающая «зеленую» энергетику), что обуславливает сохранение объемов добычи угля.

Безусловно, перспективы роста угледобывающей промышленности зависят от динамики численности населения в России и в мире [31, 31, 33]. По России прогнозы неутешительные. В.В. Юмагузин и М.В. Винник, представляя результаты многовариантного анализа демографического развития России до 2100г., в качестве наиболее вероятного выделяют сценарий достижения численности населения РФ до 137,5 млн человек (то есть сокращение численности населения страны на 9 млн. человек по сравнению с уровнем 2023 года). Население в мире к 2100г прогнозируется на уровне 10,4 млрд человек (против 8,1 млрд на сентябрь 2023г)⁹, что позволяет ожидать рост потребления энергии [34] и, как следствие, повышение потребления угля.

Установившийся с 2018г рост объемов строительства и производства в машиностроении в России (*табл. 3*) способствует развитию металлургии. Сохранение этой тенденции обусловит увеличение потребления угля внутри страны.

Позитивная динамика внутреннего потребления угля может быть обеспечена повышением загрузки производственных мощностей предприятий металлургической и химической промышленности.

На мировом рынке основное потребление угля в 2022г обеспечили две страны – Китай (потребление 4,5 млрд т) и Индия (потребление 1,15 млрд т). По данным 2023г ожидается рост потребления в этих странах при одновременном сокращении потребления в странах Евросоюза¹¹.

Эти две страны составили 40 % экспорта российского угля. Таким образом, главным покупателем российского угля является Азиатско-Тихоокеанский регион [35].

Ключевыми сдерживающими факторами для наращивания экспорта российского угля сегодня являются:

- ввод зарубежными странами собственных мощностей по добыче и переработке угля;
- проблемы с логистикой (недостаточная пропускная способность Восточного полигона, слабая синхронизация портовых и железнодорожных мощностей);
- следование концепции «зеленого перехода» азиатских стран (и прежде всего Китая).

Дополнительными ограничителями роста отрасли как на внутреннем, так и на внешнем

Таблица 2.

Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых в Российской Федерации⁸.

Вид полезного ископаемого	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Уголь каменный и бурый, млн тонн	357	353	357	372	386	410	439	439	398	432	437
Нефть обезвоженная, обессоленная и стабилизированная, включая газовый конденсат, млн тонн	506	512	519	522	526	547	556	561	513	523	534
Газ природный и попутный, млрд м	651	671	655	668	642	691	726	739	694	763	676

Таблица 3.

Темп роста объема продукции (работ) по видам экономической деятельности «Производ-ство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», «Строительство» в Российской Федерации, % к предыдущему году¹⁰.

Год	Производство машин и оборудования	Строительство
2017	108,3	98,9
2018	102,4	106,3
2019	113,5	102,1
2020	109,6	102,1
2021	117,1	107
2022	100,5	105,2

рынке является острый дефицит кадров и нехватка комплектующих.

Решение обозначенных проблем невозможно без реализации инвестиционных проектов, характеризующихся в современных условиях повышенными рисками [36-38], обусловленными неопределенностью международных отношений. Эта неопределенность не позволяет прогнозировать на долгосрочном временном горизонте с высокой степенью вероятности.

Поскольку при формировании современного тренда на устойчивое развитие все больше внимания уделяется глобальной проблеме изменения климата, а реализация предлагаемого в настоящее время углеродного регулирования экономики приводит не только к предполагаемым экологическим результатам, но и к изменению рыночной конъюнктуры, эффективности бизнеса и ключевых его показателей, то основными тенденциями в приспособлении к новым институциональным условиям среди компаний являются расширение бизнес-модели – создание интегрированного портфеля активов, включающего как углеводородные, так и низкоуглеводные активы, развитие технологий улавливания, утилизации и захоронения CO₂.

Рост добычи угля, как было указано выше, приводит к накоплению и увеличению объемов отходов в регионе. Отходы добычи и переработки угольной промышленности оказывают существенное влияние на все компоненты окружающей среды, в том числе на восстановление почвенного и растительного покрова [39-41]. Под почвенно-экологическим состоянием понимается способность отдельного местообитания в техногенном ландшафте поддерживать определенный уровень почвообразования и функционирование биогеоценозов [42]. Многочисленные исследования в разных природно-климатических зонах показали, что почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов неодинаковое и зависит от набора уникальных параметров, напрямую влияющих на развитие почвенного покрова, обеспечивающего устойчивое функционирование экосистемы [43-45]. Правильно подобранные технологии, на основе научно-обоснованных подходов, и их использование при рекультивации техногенных ландшафтов, позволяют обеспечить ускоренное восстановление растительного и почвенного покрова, увеличить поглощения CO₂ почвой и пулом биомассы растений.

8. Составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики [URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial]

9. URL: World Population Clock: 8.1 Billion People (LIVE, 2023) - Worldometer (worldometers.info) (дата обращения 20.11.2023)

10. Составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики. - URL: [Строительство \(rosstat.gov.ru\)](https://rosstat.gov.ru)

11. Угольная отрасль России в 2023 году. – URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/ugolnaya-otrasl-rossii-v-2023-godu/> (дата обращения 30.10.2023)

Заключение

Представленные результаты позволяют оценить уровень выполнения ключевых задач Программы развития угольной промышленности-2030 как низкий. Рост добычи угля происходил в сырьевых регионах на фоне сокращения ресурсов финансовых, трудовых, материальных. Увеличение объемов переработки добываемого угля было обусловлено влиянием экстенсивных факторов (ростом объемов угледобычи), а не повышением степени переработки. Улучшили ситуацию отдельные проекты по разработке технологий комплексной переработки угля и техногенных отходов, реализованных научнообразовательными организациями совместно с ведущими отечественными компаниями. Нарращивание поставок угля в Азиатско-Тихоокеанский регион представляется достаточно оптимистичным прогнозом в силу следующих сдерживающих факторов: усиление конкуренции в Азиатско-Тихоокеанском регионе, снижение конкурентоспособности продукции угледобывающей промышленности из-за повышения тарифов на электроэнергию и транспортные перевозки. По-прежнему для развития угледобычи актуальны инфраструктурные ограничения: нехватка подвижного состава, высокий

уровень его физического износа и т.п., обусловленные недостаточностью частного и бюджетного финансирования затрат на подготовку и эксплуатацию инфраструктуры. Необходимым условием роста угольной промышленности является технологический подъем национальной экономики, так как наблюдается технологическое отставание обрабатывающих производств в результате недостаточного финансирования проектов создания и развития производств, производящих продукцию с более высокой добавленной стоимостью.

Представленные в статье промежуточные результаты реализации Программы развития угольной промышленности-2030 актуализируют задачу не только объективной оценки целевых показателей, обозначенных в действующем стратегическом документе (в Программе – 2035), но и проектирования максимально реалистичных сценариев развития, обеспечения активного участия государства в реализации проектов эколого-климатической повестки, учета при формировании государственной промышленной политики отраслевых проектов, направленных на ресурсосбережение, расширение ассортимента товарной продукции, выпуск новых видов продукции с более высокой добавленной стоимостью. 

Литература

1. Ахметова М.И., Плюснина Л.М., Рычагова М.А. Экономико-статистический анализ развития добывающей промышленности в регионах РФ // Инновационное развитие экономики: тенденции и перспективы. 2023. Т. 2. С. 211-220.
2. Ericsson M, Löf O. Mining's contribution to national economies between 1996 and 2016. *Mineral Economics*. 2019. 32(2). P. 223–250. DOI: 10.1007/s13563-019-00191-6.
3. Addison T, Roe A, editors. *Extractive industries: the management of resources as a driver of sustainable development*. Oxford: Oxford University Press; 2018. XXXII, 733 p.
4. Humphreys D. *The remaking of the mining industry*. London: Palgrave Macmillan; 2015. XII, 256 p. DOI: 10.1057/9781137 442017.
5. Архипов Г.И. Горно-добывающая промышленность Хабаровского края: состояние и перспективы развития // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2019. № 6 (169). С. 45-53.
6. Шихов А.А. Добывающая промышленность Уральского региона: основные характеристики и перспективы развития // В сборнике: Конкурентоспособность территорий. Материалы XXIV Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. В 4-х частях. Отв. за выпуск: Я. П. Силин, В.Е. Ковалев. Екатеринбург, 2021. С. 118-120.
7. Гурьянов, П. А. Пути развития добывающей промышленности в российской Федерации [Текст] / П. А. Гурьянов // Записки Горного института. 2014. № 208. С. 18-22.
8. Литвиненко В. С., Петров Е.И., Василевская Д.В., Яковенко А.В., Наумов И.А., Ратников М.А. Оценка роли государства в управлении минеральными ресурсами. Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 95-111.
9. Litvinenko V. S. Digital Economy as a Factor in the Technological Development of the Mineral Sector. *Natural Resources Research*. 2019. № 28. Т. 28. С. 1-21.
10. Ponomarenko T. V., Nevskaya M. A., Marinina O. A. An assessment of the applicability of sustainability measurement tools to resource-based economies of the commonwealth of independent states. *Sustainability (Switzerland)*. 2020. № 12. Т. 14. P. 5582–5589.
11. Череповицын А. Е., Третьяков Н. А. Разработка новой системы оценки применимости цифровых проектов в нефтегазовой сфере. Записки Горного института. 2023. № 262, С. 628-642.
12. Tsvetkov P. S., Cherepovitsyn A. E., Fedoseev S. V. The Changing Role of CO2 in the Transition to a Circular Economy: Review of Carbon Sequestration Projects / *Sustainability*. № 11. 2019. Т. 20. С. 1-19.
13. Зайцев В.М., Жигальская Л.О. Постиндустриальные сдвиги в добывающей промышленности мира // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2022. № 1. С. 71-86.
14. Мелешко Ю. В. Трансформация роли горной промышленности в социально-экономическом развитии общества // В сборнике: Вестник института экономики НАН Беларуси. Сборник научных статей. Национальная академия наук Беларуси, ГНУ «Институт экономики Национальной академии наук Беларуси». Минск, 2020. С. 77-86.
15. Кунченко А.В., Гонтовая Н.В., Кунченко Е.Ф. Развитие предприятий добывающей и обрабатывающей промышленности в условиях социально ориентированной модели экономики // Экономический вестник Донбасского государственного технического института. 2021. № 8. С. 5-10.
16. Мелешко, Ю. В. Значение услуг промышленного характера в повышении конкурентоспособности промышленных предприятий (в контексте четвертой промышленной революции) // Экономическая наука сегодня. 2017. Вып. 6. С. 64-78.
17. Мусаева Н.Н., Терехова Я.Д. Устойчивое развитие (ESG) инвестиций в добывающей промышленности // В сборнике: Устойчивое развитие (ESG): финансы, экономика, промышленность. Материалы Национальной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 151-154.
18. Ulanov V. L. Business Development in Emerging Economies on the Basis of Limits and Conditions of National Strategies // *Global Journal of Emerging Market Economies*. 2019. Vol. 11. № 1–2. P. 37-47.
19. Söderholm K., Viklund R. Policy and Business Efforts for the Reduced Impact of Mining on Nature: When Historical Studies Have Something to Offer Policy Makers // *Technology and Culture*. 2019. Vol. 60, № 1. – P. 192–218. – DOI:https://doi.org/10.1353/tech.2019.0006

20. Буланов Ю.Н., Иванова Е.В. Оценка предварительных результатов реализации Стратегии развития Кемеровской области до 2025 года // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. ISSN 1999–2645. — №3 (55). Номер статьи: 5512. Дата публикации: 2018-09-04. URL: <https://eee-region.ru/article/5512/> (дата обращения: 02.11.2023).
21. Твердов А. А., Жура А. В., Никишичев С. Б. Проблемы и перспективы развития угольной отрасли России // Уголь. 2012. Август. С. 86-88.
22. Зайнуллин С.Б., Черняев М.В. Перспективы развития угольной отрасли России: пессимистический и оптимистический сценарии // Экономические системы. 2023. Том 16. №2 (61). С. 143-154. DOI 10.29030/2309-2076-2023-16-2-143-154.
23. Апухтин П.А. Проблемы развития российского рынка угля // Статистика и экономика. 2014. №6-2. С. 375-383.
24. Coal is being squeezed out of power industry by cheap renewables. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-06-19/coal-is-being-squeezed-out-of-power-industry-by-cheap-renewables> (дата обращения: 04.11.2023)
25. Coal 2019: Analysis and Forecasts to 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/coal-2019> (дата обращения: 04.11.2023).
26. Giese, G., Lee, L. E., Melas, D., Nagy, Z., Nishikawa, L. Foundations of ESG investing: How ESG affects equity valuation, risk, and performance. The Journal of Portfolio Management. 2019. №45(5). P.69-83.
27. Черникова О.П., Мурко В.И. Экономические, технологические и экологические драйверы промышленного использования отходов углеобогащения // В сборнике: Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке. сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции: в 2 частях. Новокузнецк, 2022. С. 168-173
28. Черникова О.П. Устойчивое развитие компаний минерально-сырьевого сектора: тренды составления отчетности // В сборнике: Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке. Сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Редакция: Е. В. Иванова (председатель) [и др.]. Новокузнецк, 2023. С. 79-89.
29. Закондырин А.Е. Наилучшие доступные технологии в горнодобывающем секторе: актуальные проблемы и пути их решения // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2020. - № 6–1. - С. 55-64.
30. Шавага Е.А. Развитие политики корпоративной социальной ответственности ООО «Распадская угольная компания» // В сборнике: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Новокузнецк, 2022. С. 129-139
31. Юмагузин В.В., Винник М.В. Прогноз численности и демографической нагрузки населения России до 2100 года // Проблемы прогнозирования. 2022. № 4 (193). С. 98–111.
32. Рыбаковский Л.Л., Савинков В. И., Кожевникова Н.И. Демографическое будущее России в прогнозах ООН: «научное предвидение» и реальность // Народонаселение. 2021. Т. 24. № 4. С. 23-33. DOI: 10.19181/population.2021.24.4.2.
33. Belzile L.R., Davison A.C., Rootzén H., Zholid D. Human mortality at extreme age // R. Soc. Open Sci. 2021. 8 (202097). DOI: 10.1098/rsos.202097.
34. Дегтярев К.С. Динамика мирового энергопотребления в XX–XXI вв. и прогноз до 2100 года // Окружающая среда и энергетика. 2020. №2. DOI: 10.5281/zenodo.3930342.
35. Петренко И. Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь – июнь 2022 года // Уголь. 2022. Сентябрь. С. 7-22. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-7-22.
36. Матрохина К.В., Трофимец В.Я., Мазаков Е.Б., Маховиков А.Б., Хайкин М.М. Развитие методологии сценарного анализа инвестиционных проектов предприятий минерально-сырьевого комплекса // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 112-124. DOI: 10.31897/PMI.2023.3
37. Симачев Ю.В., Федюнина А.А., Кузык М.Г. Российская промышленная политика в условиях трансформации системы мирового производства и жестких ограничений // Вопросы экономики. 2022. № 6. С. 5-25.
38. Dutta, A., Bouri, E., Rothovius, T., & Uddin, G. S. Climate risk and green investments: New evidence // Energy. 2023. 265. 126376. DOI: 10.1016/j.energy.2022.126376.
39. Журавлева Н. В. Комплексная оценка токсичности промышленных отходов предприятий Кемеровской области / Н. В. Журавлева, Т. Н. Воропаева, О. В. Иваныкина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – № 6–2 (58). – С. 86–89.
40. Семина И. С. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования / И. С. Семина, И. П. Беланов, А. М. Шипилова, В. А. Андроханов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 396 с.
41. Андроханов В.А. Опыт проведения рекультивационных работ по различным направлениям в Кузбассе/ Андроханов В.А., Госсен И.Н., Соколов Д.А. // В сборнике: Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем. материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала. Иркутск, 2021. С. 12-17.
42. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: СО РАН, 2010. 224 с.
43. Семина И. С. Почвенно-экологическое обследование участков рекультивированными отходами углеобогащения, на примере Кемеровской области – Кузбасса / Семина И.С., Андроханов В.А. // Уголь. 2021. № 7 (1144). С. 57–62.
44. Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние поверхности отвалов Антрацитовых месторождений (на примере Горловского антрацитового месторождения, Новосибирская область) / Андроханов В.А., Соколова Н. А. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 31-36.
45. Restoration of vegetation cover in reclaimed areas with coal preparation waste in Kuzbass / Soloviev, S., Semina, I., Androkhonov, V., Shipilova, A. E3S Web of Conferences, 2021, 244, 01015

UDC: 622.3: 330.55

V.L. Ulanov, Doctor of Economics, Professor, HSE, vulanov@hse.ru
 E.V. Ivanova, Ph.D., Associate Professor, SibSIU, ivanovaev75@mail.ru
 I.S. Semina, Ph.D., Associate Professor, SibSIU, semina.i@mail.ru

ASSESSING THE DEVELOPMENT PROSPECTS OF THE RUSSIAN COAL INDUSTRY

Abstract: Ensuring economic growth of the Russian economy is one of the debated issues in science and the business community. Effective tools and management technologies for intensifying the development of various industries and productions are being actively researched. These issues are of particular importance in the context of the development of the coal mining industry, which plays a key role in the Russian and global energy sector not only from the point of view of providing resources for related industries and creating jobs, but also from the point of view of the environmental agenda – in the process of burning coal during its use in the energy sector emissions of toxic substances and coal dust into the atmosphere are formed, and the dumps formed during the coal mining process are potential carbon storage facilities. The purpose of the study is to analyze the intermediate results of the implementation of the long-term program for the development of the Russian coal industry, the influence of external factors on the development prospects of the industry, its investment attractiveness, which determines the likelihood of an influx of investment resources to ensure further growth. The results of the study are presented in the form of an assessment of the main effects of the implementation of the 2030 Program, a strategic study of the growth prospects of the Russian coal industry in the context of declining industry income due to changes in logistics schemes, the winding down of long-term contracts for the supply of fossil fuels, restrictions on investments in traditional energy projects, and anti-Russian sanctions. To achieve this goal, methods of generalization, systematization, structural, situational, system analysis, dialectical approach, analysis of statistical indicators reflecting the dynamics of industry development in the light of the implemented Program were used. Further research will be aimed at assessing the feasibility of the 2035 Program in terms of goals, designated ways to achieve them, predicted results, and harmonization of the interests of all stakeholders.

Keywords: economic growth, coal industry, development program, industrial policy, green energy.



ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

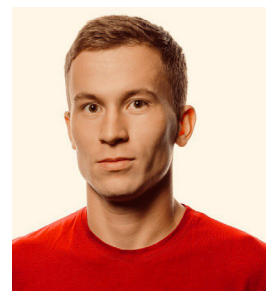
В статье рассмотрены методы поддержания пластового давления закачкой воды различной минерализации в продуктивные пласты нефтяных месторождений и способы увеличения нефтеотдачи. Также рассматривается проблема выбора воды для реализации выбранных технологий, поднимается экологическая проблема, связанная с истощением источников пресной воды. Целью данной работы является выявление оптимальных подходов при поддержании пластового давления. Для достижения данной цели рассмотрены методы и технологии, которые существуют на данный момент. В ходе ретроспективного анализа рассмотрены исследования, показывающие преимущества использования подземных минерализованных вод и системы внутрискважинной и межскважинной перекачки вод для оптимизации добычи нефти и поддержания пластового давления.

Ключевые слова: нефть, пластовое давление, вода, кустовая насосная станция, пласт, внутрискважинная перекачка, межскважинная перекачка.

В настоящее время нефтепродукты и сырье, получаемые из нефти, являются неотъемлемой составляющей нашей повседневной жизни. Из нефтяного сырья производятся различные продукты, такие, как топливо, парафин, пластмасса, синтетические волокна, каучук, масла, которые нашли широкое применение во всем мире. С начала 19 века ведется промышленная добыча нефти как ценного ископаемого, и с тех пор нефтяная индустрия претерпела множество инноваций. Согласно данным журнала «Добы-

вающая промышленность» [1], с момента первого извлечения нефти из недр до настоящего времени общее количество добытой нефти достигло 190 миллиардов тонн. Сегодня основным направлением рационального использования недр является максимально полное извлечение нефти и других ценных ископаемых из месторождений.

С этой целью применяются разнообразные методы увеличения нефтеотдачи (МУН) пластов. На начальных и последующих этапах используются первичные методы, такие как барьерное и очаговое за-



Ахунов Ш. М.
АГНИ, инженер
лаборатории
фильтрационных
исследований центра
науч.-технич.
исследований
sh.ahunov@agni-rt.ru

воднение, направленные на вытеснение нефти под действием нагнетаемой воды. Заводнение выступает не только в роли метода повышения нефтеотдачи пластов, но и является основным механизмом поддержания пластового давления. Тем не менее, практика внедрения МУН подтверждает, что их эффективность в значительной степени зависит от правильного выбора метода в соответствии с конкретными условиями месторождения [2].

При проектировании разработки нефтяных месторождений возникает вопрос выбора воды для поддержания пластового давления на начальных этапах разработки. При рациональной добыче нефти из пластов необходимо сохранить материальный баланс, т.е. объем извлеченной нефти должен соответствовать объему воды, закачиваемой в пласт. Нарушение этого условия может привести к уменьшению пластового давления, что в свою очередь может вызвать ряд осложнений.

Одной из основных проблем, возникающих при снижении пластового давления, является изменение режима работы пласта. По мере уменьшения пластового давления ниже давления насыщения из нефти начинает выделяться газ, что может привести к переходу от режима растворенного газа к режиму газовой шапки. Этот переход влечет за собой увеличение вязкости нефти и, следовательно, снижение ее подвижности. Кроме того, газ может прорываться в добывающие скважины, так как подвижность газа больше, чем у нефти, и по мере движения газа к забою скважин он будет, расширяясь, уменьшать фазовую проницаемость пласта по нефти.

Поддержание пластового давления технологически достаточно сложный процесс, связанный с материальными затратами. Рациональная реализация данного метода зависит от количества и качества закачиваемой воды и компенсации отбора нефти закачкой. Для оптимального поддержания давления в пласт закачивается на 10% больше воды, чем добывается нефти, это связано с перетоками жидкости в законтурные части. При реализации централизованной системы ППД для обеспечения требуемого объема воды строятся водозаборные сооружения на поверхностных водоемах, откуда вода после прохождения специальной подготовки поступает в кустовые насосные станции (КНС) и затем нагнетается в пласт. Данная технология имеет ряд недостатков:

- 1) истощаются запасы пресной воды;
- 2) для подготовки данной воды требуются очистные сооружения;
- 3) большая металлоёмкость: требуется строительство трубопроводов, КНС и насосы, способные перекачивать данный объем воды и создавать требуемое давление;

4) наличие свободного кислорода увеличивает коррозионную активность воды и создает благоприятные условия для размножения бактерий.

При содержании глины в пределах от 1 до 4-5% в коллекторе продуктивного пласта, при закачке воды, у которой минерализация меньше минерализации пластовой воды, глина будет разбухать и приведет к осложнениям и даже к авариям [3]. Известен опыт разработки нефтяного месторождения в республике Татарстан, когда в заглинизированный пласт закачивалась пресная вода, и из-за разбухания глины в одиннадцати скважинах разрабатываемого объекта возникли аварии, связанные со смятием обсадных колонн. По этой же причине между нагнетательными скважинами, через которые закачивалась пресная вода, и реагирующими с ними добывающими уменьшился коэффициент проницаемости.

По мере разработанности объектов появляется попутно добываемая вода, что снижает потребность в воде из внешних источников за счет применения сточной воды в целях поддержания пластового давления. Использование сточных вод имеет ряд своих недостатков:

- 1) выпадение неорганических солей при несовместимости пластовой и закачиваемой воды;
- 2) требуется очистка от твердых взвешенных частиц, выносимых из пласта и эмульсий нефти;
- 3) попадание кислорода в очистные сооружения открытого типа и дальнейшее бактериальное загрязнение пласта.

Вместе с тем закачиваемая вода вступает во взаимодействие с остаточной пластовой водой, которое может привести к выпадению осадков. Компоненты двух или нескольких растворов не реагируют между собой только при идентичности химического состава вод (химической совместимости) и их пребывании в равновесном состоянии. Однако добиться полной идентичности, используя для ППД сточные воды, весьма сложно, особенно с учётом различий и непостоянства их химического состава на разных объектах, воды одного и того же объекта, отобранные из различных скважин, могут иметь различный химический состав. При использовании в качестве агента заводнения пересыщенных рассолов возможно выпадение осадка из самой воды. Наряду с минеральными солями в закачиваемой воде могут присутствовать продукты коррозии, частицы породы, нефть, которые при закачке могут закупоривать перфорационные отверстия, поровые каналы и уменьшать проницаемость коллектора. Поэтому к подготовке вод, используемых в системе ППД, предъявляются строгие требования. Согласно российскому отраслевому стандарту «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству» допустимое содержание механических примесей и нефти в

воде в зависимости от типа порового пространства коллектора может составлять от 3 до 50 мг/л. Для внутриконтурного заводнения нефтяных залежей Азербайджана А.Р. Ахундовым сформулированы требования к качеству закачиваемой воды, в соответствии с которыми она должна быть по составу близкой к пластовой и стабильной (при температуре пласта не давать осадка солей), не иметь взвеси более 1 мг/л, не содержать глинистых частиц, а также нефти более 3...5 мг/л [4]. Перечисленные основные требования к качеству воды затрудняют выбор источников и повышают статус технологий водоподготовки с целью обеспечения приемлемых кондиций.

Технологическое решение использования подземных минерализованных вод позволило устранить ряд технических, технологических, экономических и экологических проблем централизованной системы ППД. Подземные минерализованные воды близки по физико-химическим свойствам к пластовым водам нефтеносных горизонтов и обладают лучшими нефтевымывающими свойствами. Для закачки подземных минерализованных вод используются системы межскважинной перекачки (МСП) и внутрискважинной перекачки (ВСП). Воды сенамского яруса, используемые в качестве добываемого пласта для ВСП и МСП, имеют температуру около 40 градусов – чуть больше температуры девонских пластов Урало-Поволжья. Они не охлаждают пласт и не вызывают увеличения вязкости нефти и выделения парафина, что позволяет, благодаря схожему химическому составу, предотвратить выпадение на месторождениях гипса, а в Западной Сибири и Азербайджане – кальцита, избежать стимулирования бактериальной сульфатредукции и роста содержания сероводорода.

В своей статье Галиев Р.Н. рассматривает актуальность применения подземных минерализованных вод для поддержания пластового давления. Нагнетание высокоминерализованной воды в нефтяные пласты позволяет увеличивать нефтеотдачу и сохранять, а в некоторых случаях даже повышать проницаемость заглинизированной части коллектора, так как глина не разбухает в воде, если ее минерализация равна или больше начальной минерализации «родной» пластовой воды. Различные исследования и накопленный большой производственный опыт показывают, что использование подземных минерализованных вод позволяет увеличить нефтеотдачу пластов на 3-10% по сравнению с пресной водой. Также автор указывает, что подземные воды не требуют специальной подготовки перед закачкой [5].

Ученые из ОАО «СибНИИ НП» отдела физики пласта провели 18 лабораторных исследований совместимости закачиваемой воды с пластовой водой и породой пласта. На первом этапе через

модель прокачивалась пластовая «родная» вода и измерялась проницаемость для данного типа воды, данную проницаемость брали за базовую. На втором этапе через модель прокачивалась вода с меньшей минерализацией и измерялась проницаемость. На третьем этапе проницаемость измерялась после прокачки пресной воды. После проведения серии повторных экспериментов авторы пришли к выводу, что для пластов АС10 и АС12, коллекторы которых представлены песчаниками, при контакте породы с менее минерализованными водами (по сравнению с «родной» пластовой водой) проницаемость снижается. Наибольшее снижение наблюдается при прокачке пресной воды. Такое явление авторы связывают с физико-химическими процессами, которые происходят в породе во время смешения воды разной минерализации [6].

В ПермНИПИнефти ученые выявили, что минерализация закачиваемой воды влияет не только на проницаемость, но и на вытесняющие способности воды. Во время экспериментов наблюдалось снижение поверхностного натяжения на границе нефти с пластовой водой с одновременным уменьшением размера капли нефти в пластовой воде в 2,4-2,9 раза по сравнению с пресной водой. Таким образом, пластовые воды, обладая более высокими отмывающими свойствами, увеличивают коэффициент вытеснения нефти [7].

Применение ВСП обладает рядом серьезных преимуществ по сравнению с централизованной системой с использованием КНС. Главным образом это связано со снижением затрат на обустройство системы ППД, отсутствием КНС. Особенно это важно на мелких объектах разработки, находящихся вдали от КНС. Применение данной технологии обеспечивает увеличение добычи нефти за счет того, что закачивается минерализованная вода вместо пресной [8]. ВСП обладает рядом следующих преимуществ:

- отбор и закачка воды происходит непосредственно в одной скважине и не происходит контактирования воды с воздухом и насыщения кислородом;

- нет необходимости строительства громоздких водозаборных сооружений, водоводов и кустовых насосных станций, что способствует снижению металлоемкости и экономических затрат.

Гарифов К.М., Ибрагимов Н.Г. опубликовали патент на установку внутрискважинной перекачки воды из нижнего пласта в верхний. Изобретение содержит колонну лифтовых труб, пакер, электроцентробежный насос с электродвигателем. Согласно изобретению на входе насоса установлен обратный клапан, через который упомянутый насос имеет возможность сообщаться с колонной лифтовых труб, в которых имеются отверстия для

подачи воды в межтрубное пространство и дальнейшего нагнетания в пласт. При этом для контроля за темпами разработки между отверстиями в трубах и насосом установлен расходомер [9]. В другом патенте, автором которого является Нагуманов М.М., речь идет о способе внутрискважинной перекачки воды из верхних водоносных в нижние нефтеносные пласты с фильтрацией закачиваемой жидкости. Данная установка актуальна для применения в скважинах, где порода в прискважинной зоне слабосцементированная, вследствие чего будет выноситься песок. Заявленный способ позволяет облегчить процесс закачки воды, а также увеличить межремонтный период скважинного оборудования за счет очищения жидкости от механических примесей и предотвращения забивания забоя скважины [10].

Реализацию системы ВСП можно решить не только установкой электроцентробежных насосов, но и с помощью штанговых глубинных насосных установок (ШГНУ). Поставленная задача решается с помощью штанговой насосной установки для внутрискважинной перекачки пластовых вод, содержащей колонну насосных труб, колонну штанг, связанных с глубинным насосом, включающим в себя цилиндр с всасывающим клапаном и плунжер с нагнетательным клапаном, спущенными в эксплуатационную колонну скважины с перфорированными участками напротив нефтеносного и водоносного пластов, и пакер, установленный на хвостовике колонны насосных труб и перекрывающий затрубное пространство выше водоносного пласта. Согласно изобретению насос выполнен трубным и расположен в колонне насосных труб выше хвостовика, при этом цилиндр его снабжен боковыми отверстиями, расположенными на таком уровне, что в положении плунжера в нижней мертвой точке они остаются открытыми и гидравлически связывают внутреннюю полость колонны насосных труб с затрубным пространством скважины выше пакера, а в верхней мертвой точке – перекрытыми, причем исследование работы установки с подъемом добываемой воды на поверхность реализуется путем перекрытия боковых отверстий плунжером в пределах его рабочего хода, осуществляемого путем перепосадки плунжера в цилиндре с устья скважины [11].

Кроме систем ВСП на нефтяных объектах применяются системы МСП. Для реализации данной технологии применяются две или более скважины, одна из которых является добывающей, другие нагнетательными. Добывающие скважины также могут называться акцепторами или донорами. Устье добывающей скважины обвязывается с устьем нагнетательной, и добываемая вода без стадий подготовки закачивается в продуктивный пласт. Существуют схемы закачки

с использованием КНС, когда вода из скважин подается на КНС и по разводящим водоводам перекачивается до нагнетательных скважин. По сравнению с технологией, где используется одна скважина для добычи и закачки жидкости в пласт, МСП имеет преимущество в том плане, что одна добывающая скважина может обеспечивать водой порядка до 12 нагнетательных.

Институт ТатНИПИнефть, тесно сотрудничая с геологическими службами, разработал новую технологию разработки карбонатных коллекторов. Технология включает в себя площадную систему расположения скважин с вертикальными и горизонтальными окончаниями и нагнетательной скважиной в центре элемента. В первую очередь будут буриться скважины для МСП воды и обвязываться устья добывающих воду скважин с устьями нагнетательных. По их расчётам такой подход к разбуриванию позволяет сократить расходы на магистральные водоводы высокого давления и позволит перекачивать воду без её охлаждения, то есть в пласт будет закачиваться вода, температура которой близка к температуре пласта, и будут использованы преимущества изотермического заводнения. Результатом применения данной технологии разработки стал ежегодный рост добычи нефти по кизеловскому горизонту [12].

Для МСП могут использоваться не только выше или ниже лежащие водоносные пласты, но и обводнившиеся продуктивные пласты. В патенте [13] описан метод межскважинной перекачки, где в качестве водозаборных скважин используются бывшие добывающие скважины с обводненностью добываемой жидкости более 98%. Отбор пластовой воды ведут из обводнившегося продуктивного пласта и закачивают в невыработанные продуктивные пласты. В водозаборной скважине разделяют нефть и воду, и последнюю сразу направляют по водонапорным линиям в нагнетательные скважины. Разделенная нефть накапливается в межтрубном пространстве, и по мере накопления скважину останавливают и обратным потоком воды нефть из межтрубного пространства вытесняют в сборный трубопровод и затем запускают скважину в работу.

Так же, как и в случае ВСП, при реализации МСП могут применяться, наряду с установками электроцентробежных насосов (УЭЦН), установки скважинных штанговых насосов (УСШН). Валовский пишет, что УЭЦН не экономичны и потребляют большое количество электроэнергии. Применение УСШН с длинноходными цепными приводами позволяет снизить потребление электроэнергии в 2-3 раза [14]. Другим преимуществом использования данных установок является то, что в них, благодаря применению насосов объемного действия, можно создавать такое требуемое дав-

ление, которое нужно, чтобы закачать воду в продуктивные пласты, и, следовательно, отпадает потребность в установке дополнительных насосных станций для увеличения давления, как это может потребоваться при использовании УЭЦН.

Существует множество различных способов поддержания пластового давления, они постоянно развиваются и появляются более технологические и экономические методы. По результату обзора научно-технической литературы можно сделать следующие выводы:

- для поддержания пластового давления нефтяных месторождений в основном используется метод заводнения; в качестве агента заводнения могут быть использованы пресные воды из поверхностных водоемов, а также сточные или пластовые воды;

- закачка подземных минерализованных вод может быть экологически более предпочтительной альтернативой использованию воды, что позволяет сократить использование пресной воды;

- применение внутрискважинной и межскважинной перекачки подземных минерализованных вод позволяет поддерживать пластовое давление и оптимизировать процессы нефтедобычи; применение данных технологий позволяет уменьшить металлоемкость конструкций и экономические затраты, в результате чего можно сократить время, требуемое для развития мощностей заводнения, обеспечивая высокие темпы отбора нефти;

- при реализации систем поддержания давления пласта по технологиям ВСП и МСП могут применяться наряду с установками электроцентробежных насосов установки штанговых глубинных насосов;

- наблюдается увеличение проницаемости нефтяных коллекторов и дополнительной добычи нефти при использовании высокоминерализованной воды, следовательно, закачку подземных минерализованных вод можно рассматривать как метод увеличения нефтеотдачи пластов. ^{XXI}

Литература

1. Мировые запасы нефти и газа: официальный сайт. – ООО «ПромоГрупп Медиа», 2016-2023. – URL: <https://dprom.online/oilgas/mirovye-zapasy-nefti-i-gaza-konets-uzhe-blizok/?ysclid=lo609n7z3580538612> (дата обращения 08.01.2024).
2. Юшков, И.Р. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений: учеб.-метод. пособие / И.Р. Юшков, Г.П. Хижняк, П.Ю. Илюшин. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 177 с.
3. Ольховская, В.А. Проблемы начального этапа эксплуатации нефтяного месторождения в условиях несовместимости пластовой и закачиваемой вод / В.А. Ольховская, И.А. Стручков, А.А. Ризванов, А.С. Трусова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. № 2. С. 54-63.
4. Чоловский, И.П. Нефтегазопромысловая геология и гидрогеология залежей углеводородов / И.П. Чоловский, М.М. Иванова, И.С. Гутман, С.Б. Вагин, Ю.И. Брагин. – М.: Изд-во "Нефть и газ", 2002. – 445 с.
5. Галиев, Р.Н. Актуальность применения пластовой минерализованной воды в целях поддержания пластового давления [текст] / Р.Н. Галиев // Научный электронный архив. – 2020
6. Машорин, В.А. Исследование влияния минерализации закачиваемых вод на проницаемость коллекторов Верхне-Шапшинского месторождения. [Текст] / Машорин В.А., Фоминых О.В. // Журнал "Нефтяное хозяйство" №12, 2013, с. 120-121.
7. Хижняк, Г.П. Эффективность вытеснения нефти пластовыми водами по данным лабораторных исследований керна. [Текст] / Хижняк Г.П., Распопов А.В., Ефимов А.А. // Журнал "Нефтяное хозяйство" №10, 2011, с. 60-61.
8. Булатов, А.В. Внутрискважинная перекачка жидкости [текст] / А.В. Булатов // Журнал «Приоритеты стратегии научно-технологического развития России и обеспечение воспроизводства инновационного потенциала высшей школы». – 2019. №2. – С. 33-37.
9. Гарифов, К.М., Ибрагимов, Н.Г., Фадеев, В.Г., Федотов, Г.А., Кадыров, А.Х., Рахманов, И.Н., Глуходед, А.В., Балбошин, В.А. Установка для внутрискважинной перекачки воды из нижнего пласта в верхний (варианты) [текст] / К.М. Гарифов, Н.Г. Ибрагимов, В.Г. Фадеев, Г.А. Федотов, А.Х. Кадыров, И.Н. Рахманов, А.В. Глуходед, В.А. Балбошин // Патент №2351749. – 2009.
10. Нагуманов, М.М., Аминев, М.Х., Шамилов, Ф.Т. Способ внутрискважинной перекачки и установка для перекачки жидкости из верхнего пласта скважины в нижний с фильтрацией [текст] / М.М. Нагуманов, М.Х. Аминев, Ф.Т. Шамилов // Патент №2485293. – 2011.
11. Ибрагимов, Н.Г., Тазиев, М.З., Закиров, А.Ф., Таипова, В.А., Джафаров, М.А. Штанговая насосная установка для внутрискважинной перекачки пластовых вод [текст] / Н.Г. Ибрагимов, М.З. Тазиев, А.Ф. Закиров, В.А. Таипова, М.А. Джафаров // Патент №2354848. – 2007.
12. Подавалов, В.Б., Яртиева, А.Ф., Морозов, П.Г. Эффективность бурения скважин на Коробковском участке Бавлинского месторождения [текст] / В.Б. Подавалов, А.Ф. Яртиева, П.Г. Морозов // Журнал «Георесурсы». – 2016. №2. – С. 111-114.
13. Рахманов, А.Р., Ахмадиев, Р.Н., Калимуллин, Р.Т., Валовский, К.В., Басос, Г.Ю., Валовский, В.М. Способ межскважинной перекачки жидкости [текст] / А.Р. Рахманов, Р.Н. Ахмадиев, Р.Т. Калимуллин, К.В. Валовский, Г.Ю. Басос, В.М. Валовский // Патент № 2503805. – 2012.
14. Валовский, В.М. Расширение области применения установок скважинных штанговых насосов для межскважинной перекачки пластовой воды [текст] / В.М.

UDC: 622.276.43

Sh.M. Akhunov, Engineer of the filtration research laboratory of the Centre for Scientific and Technical Research, sh.ahunov@agni-rt.ru

APPLICATION OF UNDERGROUND MINERALISED WATER TO MAINTAIN RESERVOIR PRESSURE AT OIL FIELDS

Abstract: The article explores methods of maintaining reservoir pressure through the injection of water with varying mineral content into the productive layers of oil fields, along with strategies for increasing oil recovery. It also addresses the challenge of selecting water for implementing these technologies, highlighting environmental concerns related to the depletion of freshwater sources. The objective of this study is to identify optimal approaches for maintaining reservoir pressure. To achieve this goal, current methods and technologies are examined. Through retrospective analysis, research is reviewed demonstrating the advantages of using underground mineralized water and intra-well and inter-well water injection systems to optimize oil extraction and maintain reservoir pressure.

Keywords: oil, reservoir pressure, water, wellhead pumping station, reservoir, intra-well injection, inter-well injection.



АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Из анализа литературы следует, что, хотя проблема устойчивости изучается давно, но актуальности своей не потеряла и на сегодняшний день, т.к. различные научные исследования, как правило, проводились для отдельно взятых месторождений и регионов. Данные, полученные различными исследователями, в большинстве случаев справедливы для конкретных условий, в которых проводились экспериментальные работы, поэтому для условий месторождений в Кузбассе, требуется проведение комплекса исследований с целью изучения и анализа геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических условий и геомеханической изученности участков недр для оценки геомеханических рисков и разработки мероприятий по управлению устойчивостью уступов, бортов разреза.

Анализ геолого-структурного плана в совокупности с материалами детальной разведки и других геолого-геофизических исследований, выполненных на месторождении и его окрестностях, позволяет, как правило, существенно уточнить структуру месторождения (горного массива) в различных аспектах. Прежде всего это касается уровней структурной неоднородности массива и вертикальной гипергенной его зональности. Кроме того, визуальный анализ геолого-структурного плана дает возможность проследить поведение в пространстве каждой выделенной системы трещин и индивидуализированных разрывных нарушений с учетом этапности их возникновения.

Ключевые слова: открытые горные работы, геомеханика, устойчивость бортов, параметры устойчивости, анализ пород, мероприятия для предотвращения деформации, деформация бортов карьерной выемки.



Климкин М.А.
Аспирант кафедры ОГРиЭ
m.klimkin@energy-nc.ru

Объектом исследования выступило горнодобывающее предприятие, находящееся на юге Кузбасса в 20 км от г. Новокузнецка.

На предприятии проведено геомеханическое обоснование параметров, обеспечивающих устойчивость борта и его элементов в зависимости от геологического строения массива.

Расчет устойчивости откосов выполняются на условии предельного равновесия потенциальной призмы возможного обрушения массива горных пород.

Прочность и условия залегания пород, ориентировка и угол наклона слабого контакта пород относительно простирания откоса определяют форму потенциальной поверхности скольжения и метод суммирования сдвигающих и удерживающих сил, которые, в свою очередь, определяют схему расчета устойчивости откоса. Согласно имеющейся информации, падение слоистости направлено в массив и в сторону выработанного пространства до 70°.

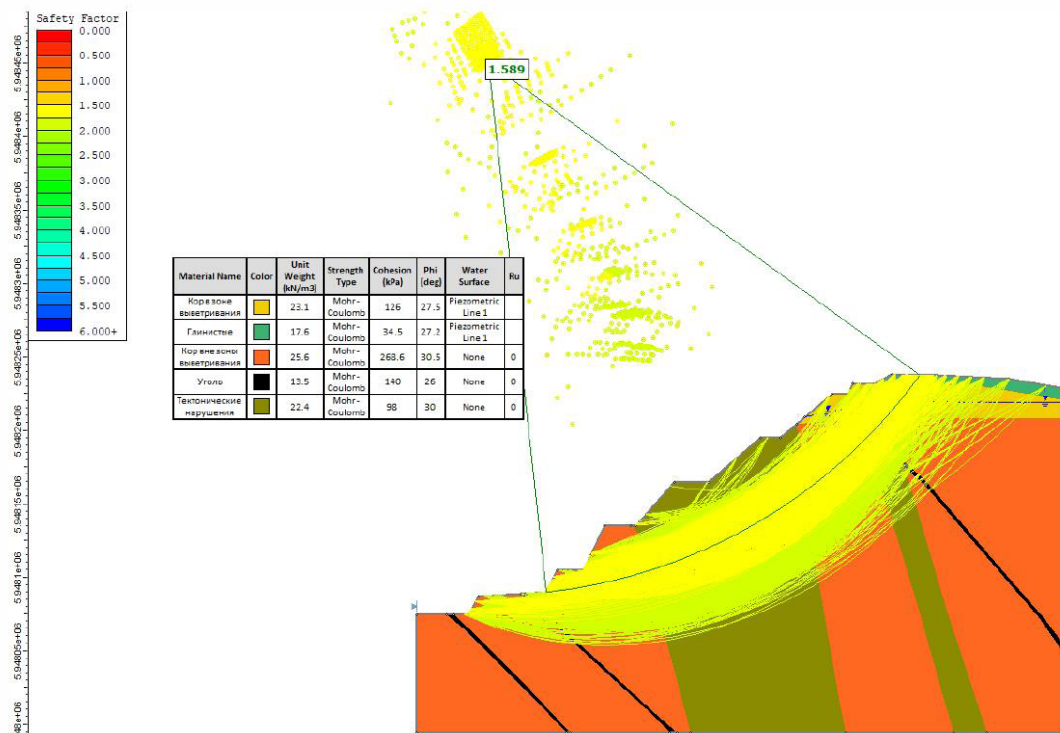


Рис. 1.
 Расчет устойчивости проектного положения юго-восточной части борта.
 Условные обозначения к рисунку 1:
 Material Name – имя материала; Color – цвет;
 Unit Weight, kN/m³ – удельный вес, кН/м³; Strength Type – модель напряженного состояния;
 Mohr-Coulomb – модель Кулона-Мора; Cohesion, kPa – сцепление, кПа; Phi, deg – угол внутреннего трения, градусы.

Поверочный расчет методом векторного сложения сил применяют для откосов, имеющих естественные поверхности ослабления (слоистость, тектонические нарушения и слабые контакты пород), падение которых направлено в сторону выемки и которые при определенных условиях могут реализоваться в поверхности скольжения. Этот метод расчета используют также для откосов, в пределах которых расположены ослабленные зоны или тектонические нарушения, неблагоприятно ориентированные относительно выемки. Для бортов (уступов) при отсутствии неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления (падение в сторону массива), поверочный расчет выполняют методом алгебраического сложения сил.

Расчеты устойчивости проектного контура бортов, отвалов и их элементов выполнены по наиболее характерным сечениям методами алгебраического и векторного сложения сил по наиболее напряженной поверхности скольжения и приведены на **рисунке 1**.

На данный момент ведется отработка по восточному крылу дополнительной синклинали, с соблюдением расчетных параметров устойчивости. По проектным параметрам, при высоте

борта 70-80 м, угол откоса борта не должен превышать 32 градуса, при этом фактический угол откоса составил менее 21 градуса. При этом в данных условиях обнаружены зоны деформации на горизонте +310 - +320м.

Ситуационный план с зонами деформации, а также поперечные профили представлены на **рисунках 2,3**.

Так же на горизонте +330 были зарегистрированы зоны деформации по восточному борту. По данным зонам были выставлены репера и произведен мониторинг смещения массива в зоне деформации. Фотоматериал линии деформации горного массива представлен на **рисунке 4**.

Результаты наблюдения по зоне деформации представлены на **рисунке 5**.

Съемка по реперам 1,7 представлена некорректно и не принята к учету. Максимальные смещения составили 132,6 мм за сутки, что говорит о продолжении деформации массива, и требует продолжения мониторинга в данной зоне, а также соблюдения необходимых мероприятий.

Текущая программа мониторинга

Согласно пункту 559 Федеральных норм и правил в области промышленной безопас-

ности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом», утвержденных приказом Ростехнадзора России от 10.11.2020г. № 436, на предприятии должен быть организован контроль состояния ведения открытых горных работ в соответствии с проектными решениями и календарным планом развития работ.

В настоящее время на предприятии данное требование правил безопасности осуществляется посредством контроля маркшейдерской службы, которая проводит инструментальные съемки забоев, с последующей обработкой данных в программном обеспечении «MacroStation».

Рекомендуется организовать в программном обеспечении предприятия соответствующие формы для контроля ведения открытых горных работ в соответствии с проектными решениями и календарным планом развития горных работ.

Система контроля геомеханических процессов

В настоящее время имеется достаточно большое количество разработанных систем контроля состояния массива горных пород применительно к различным горно-геологическим и техническим условиям эксплуатации горнорудных предприятий и подземных сооружений. Основным назначением систем геомеханического контроля является получение конкретной исходной информации для последующих расчетов и оценки степени устойчивости горных выработок и безопасного проведения основных технологических работ. В соответствии с этим назначением системы контроля состояния массива горных пород подразделяются на две большие группы:

- группу прямых методов контроля на основе инженерных изысканий, визуальных и инструментальных наблюдений;
- группу косвенных (геофизических) методов контроля на связи параметров состояния и свойств горных пород в аномальных зонах с параметрами разного рода физических полей.

Прямые методы контроля являются наиболее распространенными, хорошо разработанными и наиболее информативными, несмотря на трудоемкость.

Проектируемую подсистему по контролю геомеханических процессов для обеспечения безопасности ведения горных работ по добыче угля открытым способом на угольном разрезе рекомендуется осуществлять прямым методом контроля на основе визуальных и инструментальных наблюдений, т.е. маркшейдерско-геодезическим методом, который основан на закладке в массиве горных пород специальных наблюдательных

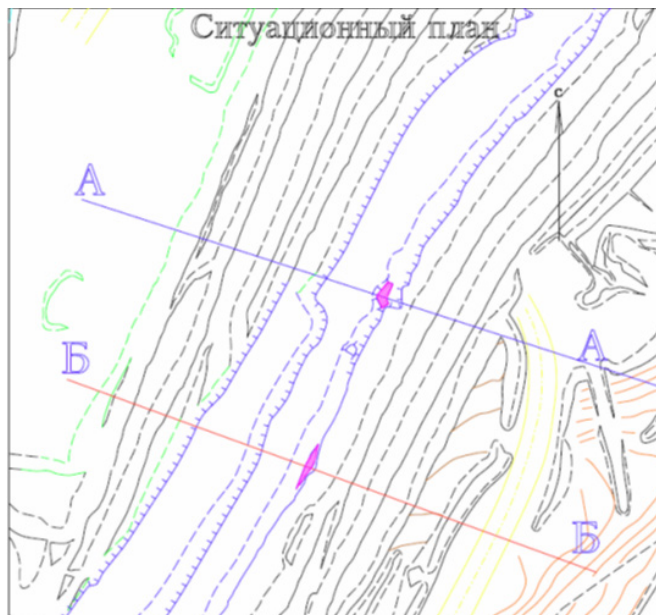


Рис. 2. Ситуационный план зон деформации.

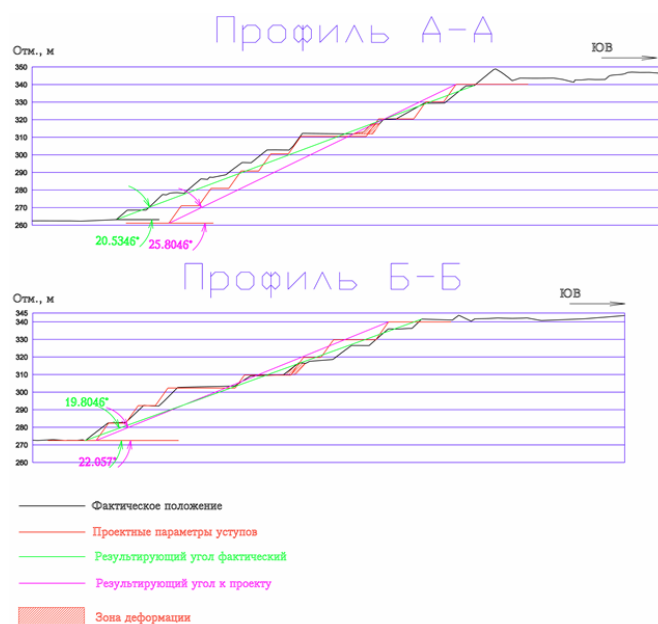


Рис. 3. Профили зон деформации.

станций в виде системы поверхностных и глубинных реперов и контроля их состояния с помощью измерительных приборов. Пример данного контроля представлен на **рисунке 5**.

Заключение

Предотвращение деформаций больших массивов горных пород достигается формированием бортов и уступов с параметрами, не превышающими расчетных значений.

Вместе с тем, даже при соблюдении этих требований отдельные наиболее ослабленные участки бортов могут подвергаться локальным деформациям, что мы и наблюдаем на локальном участке.

Для предотвращения такого рода деформаций и обеспечения безопасности при эксплуатации горной выработки, необходимо применять специальные мероприятия:

1. Поверхностные и подземные воды – важная причина инженерно-геологических явлений, вызывающая нарушение устойчивости бортов и откосов уступов. Процессы выветривания связаны, главным образом, с деятельностью воды, стекающей по поверхности откосов. Для снижения отрицательного влияния воды на ведение открытых горных выработок необходимо:

1.1. Организовать сток атмосферных осадков со всех уступов, для чего придать площадкам соответствующий уклон в сторону водосборников.

1.2. Организовать прибортовой дренаж и отвод дождевых и талых вод, а также грунтовых вод, высачивающихся из вышележащих уступов и скапливающихся на площадках.

2. С целью защиты от падающих блоков коренных пород в местах с интенсивным камнепадом или на особо ответственных участках, где часто возникает необходимость присутствия людей и оборудования, рекомендуется установка защитных противодеформационных сооружений, перехватывающих и камнеулавливающих систем (барьеры, стенки, тросовые и сетчатые завесы). Мероприятие применяется при риске камнепада или локальных обрушений.

3. Производить механизированную оборку уступов. Высокая эффективность по снижению камнепада создается применением для оборки уступов экскаватора.

4. Производить зачистку предохранительных берм безопасности между уступами с применением специальной техники.

Мероприятие по зачистке берм уменьшает объем обрушенной горной массы на бермах и существенно уменьшает риск камнепада на нижележащие горизонты. Ограничением является отсутствие доступности техники на все участки берм. Для очистки предохранительных берм могут использоваться бульдозеры.

5. Основным требованием, предъявляемым к технологии отбойки на предельном контуре карьера, является обеспечение максимальной степени сохранности формируемых породных уступов – как откоса, так и бермы. Это обусловлено необходимостью поддержания безопасного состояния уступов на протяжении достаточно длительного времени существования разреза. Основное решение указанного требования очевидно: необходимо снизить интенсивность техногенного воздействия на окружающий породный массив до минимально приемлемого уровня, который бы обеспечил, с одной стороны,



Рис. 4. Зона деформации.

	1 марта						2 марта						Линия 1-1													
	X		Y		Z		X		Y		Z		dX		dY		η		ξ		b		Период, сут		Скорость смещения, мм/сут	
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	dX	dY	η	ξ	b	VX	VY	Vη	Vξ	Vb							
Rp1-1	44331,693	6098,069	327,021	44328,813	6093,416	324,221	-2,880	-4,653	-2,800	5,472	6,147	1	-2880,0	4653,0	2800,0	5472,2	6146,9									
Rp1-2	44315,7	6092,991	326,609	44315,684	6093,022	326,586	-0,016	0,031	-0,023	0,035	0,042	1	-16,0	31,0	23,0	34,9	41,8									
Rp1-3	44306,994	6090,263	327,114	44306,98	6090,285	327,1	-0,014	0,022	-0,014	0,026	0,030	1	-14,0	22,0	14,0	26,1	29,6									
Rp1-4	44297,864	6087,785	327,22	44297,873	6087,824	327,183	0,009	0,039	-0,037	0,040	0,055	1	9,0	39,0	37,0	40,0	54,5									
Rp1-5	44291,086	6082,895	327,047	44291,065	6082,9	327,082	-0,021	0,005	0,035	0,022	0,041	1	-21,0	5,0	35,0	21,6	41,1									
Rp1-6	44289,565	6079,024	327,122	44289,59	6079,09	327,152	0,025	0,066	0,030	0,071	0,077	1	25,0	66,0	30,0	70,6	76,7									
Rp1-7	44289,53	6075,16	327,596	44306,98	6090,285	327,1	17,450	15,125	-0,496	23,093	23,098	1	17450,0	15125,0	496,0	23092,6	23097,9									
Rp1-8	44279,308	6069,561	327,743	44279,307	6069,571	327,76	-0,001	0,010	0,017	0,010	0,020	1	-1,0	10,0	17,0	10,0	19,7									
Rp1-9	44274,441	6066,79	328,217	44274,414	6066,792	328,243	-0,027	0,002	0,026	0,027	0,038	1	-27,0	2,0	26,0	27,1	37,5									
Rp1-10	44277,443	6066,955	327,049	44277,439	6066,939	326,998	-0,004	-0,016	-0,051	0,016	0,054	1	-4,0	16,0	51,0	16,5	53,6									
Rp1-11	44294,177	6080,43	325,774	44294,091	6080,447	325,785	-0,086	0,017	0,011	0,088	0,088	1	-86,0	17,0	11,0	87,7	88,4									
Rp1-12	44297,351	6077,436	325,601	44297,333	6077,411	325,607	-0,018	-0,025	0,006	0,031	0,031	1	-18,0	25,0	6,0	30,8	31,4									
Rp1-13	44304,053	6084,512	325,795	44303,934	6084,561	325,827	-0,119	0,049	0,032	0,129	0,133	1	-119,0	49,0	32,0	128,7	132,6									

Рис. 5. Результаты наблюдений.

достаточную степень сохранности законтурного массива, с другой, достаточную технологичность производства буровзрывных работ.

Вблизи предельного контура разреза рекомендуется минимизировать влияние взрывных работ на законтурный массив. При подходе к проектному контуру применять контурное взрывание.

6. В случае выявления в процессе эксплуатации карьера отклонений от значений физико-механических характеристик и (или) структуры массива горных пород, принятых при оценке устойчивости уступов, бортов, откосов при проектировании, эксплуатирующей организацией должен проводиться перерасчет параметров бортов и уступов с учетом вновь полученных исходных данных. Для выполнения работ по перерасчету параметров горнотехнических конструкций на основании решения технического руководителя эксплуатирующей организации могут привлекаться проектные и (или) специализированные организации.

7. Вести визуальные наблюдения за устойчивостью бортов и уступов не реже одного раза в месяц специалистами геолого-маркшейдерской службы и специалистами группы по мониторингу, при этом фиксировать все признаки начинающихся деформаций бортов и уступов, геологических и горнотехнических факторов, влияющих на их устойчивость. Для проведения наблюдений могут привлекаться специализированные организации.

Результаты визуального наблюдения заносятся в специальный журнал осмотра состояния бортов, уступов, откосов и подписываются лицом, произведшим осмотр. О результатах наблюдений в обязательном порядке информируется технический руководитель эксплуатирующей организации.

8. Вести инструментальные маркшейдерские наблюдения для выявления зон и участков проявления деформаций бортов, уступов, откосов. Периодичность наблюдений в зависимости от фактических горно-геологических условий на месторождении необходимо установить в проекте производства маркшейдерских работ (наблюдательной станции) и корректировать по мере развития деформационных процессов при отработке месторождения и интенсивности понижения работ в карьере, но не реже 1 раза в год.

Инструментальные маркшейдерские наблюдения могут быть проведены маркшейдерской службой эксплуатирующей организации или специализированной организацией, имеющей лицензию на производство маркшейдерских работ [3].

9. На основании результатов мониторинга устойчивости на участках проявления деформаций, превышающих допустимые значения, пересматривать режим, состав маркшейдерских инструментальных и иных наблюдений, определять мероприятия по приведению выявленных участков в безопасное состояние, которые отражаются в плане развития горных работ на предстоящий календарный период [2].

Таким образом, можно сделать вывод, что по мере углубки разреза, с периодичностью один раз в полгода, необходимо проводить картирование уступов на каждом вновь вскрытом горизонте с нанесением выявленных структурных элементов на горно-графическую документацию.

Полученные результаты имеют практическое применение и актуальность исследований для оптимальной отработки месторождения и прогнозирования воздействия отработки участков на параметры устойчивости. **XXI**

Литература

1. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов, строящихся и эксплуатируемых карьеров. - Ленинград: ВНИМИ, 1972.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов». Утвержден приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13.11.2020 № 439. - Москва, 2020.
3. Методическое пособие по изучению инженерно-геологических условий угольных месторождений, подлежащих к разработке открытым способом. - Л., Недр, ВНИМИ, 1965г.

UDC: 622.831

M.A. Klimkin, Postgraduate student of the Department of Open-pit Mining and Electrical Mechanics, m.klimkin@energy-nc.ru

ANALYSIS OF MINING STABILITY PARAMETERS IN THE CONDITIONS OF A COAL ENTERPRISE

Abstract: From the analysis of the literature it follows that, although the problem of sustainability has been studied for a long time, it has not lost its relevance today, because various scientific studies, as a rule, were carried out for individual fields and regions. The data obtained by various researchers, in most cases, are valid for the specific conditions in which the experimental work was carried out, therefore, for the conditions of the fields in Kuzbass, a complex of studies is required to study and analyze geological, engineering-geological, hydrogeological conditions and geomechanical knowledge of subsoil areas to assess geomechanical risks and develop measures to manage the stability of benches and pit sides.

Analysis of the geological and structural plan in conjunction with materials from detailed exploration and other geological and geophysical studies carried out at the deposit and its surroundings, as a rule, allows us to significantly clarify the structure of the deposit (rock mass) in various aspects. First of all, this concerns the levels of structural heterogeneity of the massif and its vertical hypergene zoning. In addition, visual analysis of the geological and structural plan makes it possible to trace the spatial behavior of each identified system of cracks and individual faults, taking into account the stages of their occurrence.

Keywords: open-pit mining, geomechanics, side stability, stability parameters, rock analysis, measures to prevent deformation, deformation of the sides of a quarry.



УЛАНОВ
Владимир Леонидович



Доктор экономических наук, профессор, профессор Департамента мировой экономики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». До перехода на работу в университет руководил функциональными подразделениями крупных компаний: в ГК «Норильский никель» — начальник управления стратегического и перспективного планирования, начальник управления консолидации и анализа управленческой информации; АО «Русский алюминий менеджмент» — начальник планово-экономического управления. Был директором по экономике и информатике Научно-инженерного центра нефтяной компании «Лукойл», одновременно заведовал кафедрой экономики и управления химической, нефтяной и газовой промышленности Московского государственного открытого университета. Являлся директором Научно-исследовательского института проблем хранения Росрезерва и руководил базовой организацией государств — участников Содружества Независимых Государств в области научно-технического развития систем государственных материальных резервов, организации переподготовки и повышения квалификации кадров. Указом Президента РФ от 2013 г. был введен в научный совет при Совете безопасности Российской Федерации. Имеет докторскую степень (защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора экономических наук в 1995 г.) и ученое звание профессора (1996). Распоряжением Российской академии наук от 27 августа 2021 г. включен в состав обновленного корпуса экспертов РАН. Автор статей в ведущих международных и российских экономических и отраслевых журналах, ряда учебных пособий и учебников, председатель редакционного совета практической энциклопедии «Топ-менеджер».

ISBN: 978-5-16-018708-2



9 785160 187082

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ
НА КОРПОРАТИВНОМ УРОВНЕ

МАГИСТРАТУРА

В.Л. Уланов

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ
И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ
НА КОРПОРАТИВНОМ УРОВНЕ

УЧЕБНИК





ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМАЛЬНЫХ ПЛАСТОВЫХ ВОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ

В данной статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований снижения вязкости нефти и повышения нефтедобычи путём нагревания нефти. В качестве теплоносителя используются термальные пластовые воды. Предлагаемая технология исключает попадание воды из теплоносителя в нефтесодержащий пласт. При этом решена одна из основных проблем нефтедобычи, связанная с обводнением нефтей и как следствие повышением вязкости нефть-водяных эмульсий, снижающих объёмы добываемой нефти. Высокая обводненность нефти также приводит к повышенной коррозии и выходу из строя нефтепромыслового оборудования. Данная технология не связана с применением нагревательных устройств и с переработкой водо-нефтяных эмульсий и является энергосберегающей и экологичной.

Ключевые слова: нефть, нефть-водяные эмульсии, термальные воды, теплоноситель, тепловое поле, вязкость, нефтедобыча.



Косьянов П.М.
д-р физ.-мат. наук, канд. техн. наук, доцент
Филиал ТИУ в г. Нижневартовске
профессор кафедры
Гуманитарно-экономических
и естественнонаучных
дисциплин
kospiter2012@yandex.ru



Краснов В.Г.
канд. техн. наук
Филиал ТИУ в
г. Нижневартовске
доцент кафедры
Нефтегазовое дело
nvftgngu@nv-net.ru

Известно, что пластовые воды широко применяются в нефтедобыче. Однако существующие технологии их использования имеют существенный недостаток, связанный с содержанием влаги в нефти. С другой стороны, обводненность месторождений увеличивается из года в год, и эта проблема является одной из серьезных проблем нефтедобывающей отрасли России. Согласно статистике, из четырех тонн добываемой нефтяными компаниями пластовой жидкости на чистую нефть приходится всего одна тонна, остальное – вода. Нефть-водяные смеси или эмульсии можно разделить на два основных типа: «нефть в воде» (Н/В), называемые прямыми, с содержанием воды более 50 %, и «вода в нефти» (В/Н), называемые обратными, с содержанием воды менее 50 %. Содержащаяся в нефти пластовая вода является одной из причин

коррозии труб и оборудования. При этом вязкость нефти возрастает в несколько раз и нефтедобыча соответственно падает.

В работах [1-5,7,8], рассмотрены пути повышения нефтедобычи тепловым воздействием на нефтесодержащий пласт, в том числе закачкой воды в буровой инструмент, её нагреванием с парообразованием и последующим воздействием на пласт. В работе [6] рассмотрен способ снижения вязкости нефти при воздействии тепловыми полями на молекулярном уровне. Однако этот способ требует применения теплонагревателя и соответствующих энергетических и финансовых затрат. В работах [9,10] была предложена другая технология для добычи газа из газогидратных отложений с использованием в качестве теплоносителя термальных пластовых вод из нижележащих горизонтов. В связи с этим в данной статье также предлагается технология добычи нефти, основанная на использовании в качестве теплоносителя горячие термальные воды без их попадания в нефтесодержащий пласт.

Результаты исследований

Для реализации предлагаемой технологии до подошвы пласта-донора бурят материнскую скважину 1 (рис. 1), а затем из материнской

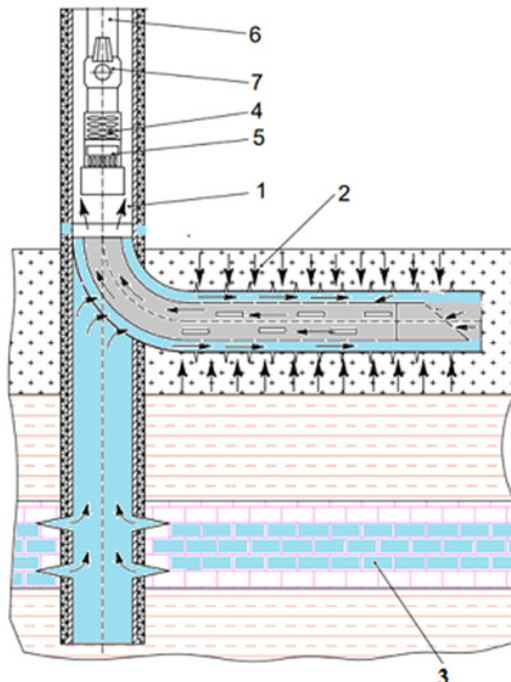


Рис. 1. Схема технологии добычи нефти с применением в качестве теплоносителя воды из нижележащих пластов-доноров без попадания её в нефтесодержащий пласт:
1 – материнская скважина; 2 – боковой ствол;
3 – пласт – донор; 4 – электроцентробежный насос;
5 – газосепаратор; 6 – насосно-компрессорные трубы;
7 – струйный инжекторный насос.

скважины забуривают боковой ствол с горизонтальным окончанием 2 (перфорированной трубой), пронизывающий нефтесодержащий пласт, протяженностью на несколько сотен метров, с созданием условий внутрискважинной герметичной циркуляции теплоносителя. При этом поступление горячей воды из пласта-донора 3 в ствол материнской скважины и её дальнейшая циркуляция по горизонтальному стволу обеспечивается за счет использования энергии пласта-донора и включения в работу электроцентробежного насоса 4, оснащенного газосепаратором 5. Электроцентробежный насос размещают в эксплуатационной колонне материнской скважины на подвеске насосно-компрессорных труб 6 над кровлей продуктивного пласта. При этом расположенную на поверхности земли станцию управления электроцентробежным насосом программно настраивают на интеллектуальный режим работы электроцентробежного насоса, который оптимизирует отбор объема отбираемой из материнской скважины нефти, с учетом добычных возможностей пласта-донора и содержания нефти в нефтесодержащем пласте. Нефть поступает на прием (во входной модуль) электроцентробежного насоса. Горячую воду, поступающую из добывающей скважины, освобождают от твердых механических примесей (солей, песка) и насосными агрегатами закачивают в нагнетательную (поглощающую) скважину.

Предлагаемое техническое решение позволяет повысить нефтедобычу и является эффективной, энергосберегающей и высокоэкологичной технологией.

В работах [11,12] подробно рассмотрено движение нефти в трубах. Ниже приведен расчет основных параметров при реализации данного способа добычи нефти для залежей нефти северных территорий России.

Примем следующие исходные данные:

Температура устья скважины (на поверхности $H_0=0$) $t_0=+10^{\circ}\text{C}$;

Глубина залегания нефтесодержащего пласта $H_1=800$ м;

Пластовое давление в нефтесодержащем пласте $p_1=8$ МПа;

Температура нефтесодержащего пласта $t_1=+27^{\circ}\text{C}$;

Глубина залегания пласта донора термальной воды $H_2=3000$ м;

Пластовое давление пласта-донора $p_2=30$ МПа;

Температура пласта-донора $t_2=100^{\circ}\text{C}$;

Удельная теплоемкость воды $c=4,2$ кДж/(кг*градус);

Градиент температуры с глубиной $\text{grad } t=(t_2-t_0)/(H_2-H_0)=0,03$ (градус/м);

Коэффициент снижения температуры теплоносителя при его движении из пласта-донора в нефтесодержащий пласт $k=0,2$ (20%);

Величина отбора теплоносителя из пласта-донора, $Q_T=1000$ (м³/сут);

Диаметр и глубина спуска эксплуатационной колонны в материнской скважине: верхняя секция – 194 мм/800 м; нижняя секция 168 мм (от 800 м до 3000 м);

Боковой ствол с горизонтальным окончанием выполнен на глубине 800 м, протяженностью 600 м. Боковой ствол с горизонтальным окончанием оборудован обсадной колонной из насосно-компрессорных труб 146×8 – К ГОСТ 632-80.

Подвеска насосно-компрессорных труб в боковом стволе составлена из насосно-компрессорных труб 102×8 – К ГОСТ 633-80 – 600 м.

Установка электроцентробежного насоса: электроцентробежный насос 7А-1000Э, интеллектуальная станция управления ИУС-03 (Новомет), струйный насос НС-73 (Ижнефтемаш).

Оценка процесса добычи нефти из нефтесодержащего пласта по принятым исходным данным:

1. Количество тепловой энергии (W) при расходе теплоносителя (Q_T) из пласта – донора, передаваемой призабойной области нефтесодержащего пласта в сутки;

$$W=Q_T(t_2-t_1)ср(1-k)=245280 \text{ (КДж/сут);}$$

2. Тепловую мощность теплообменного аппарата рассчитывают по формуле

$$W=Q_T\Delta h$$

где Q_T – расход теплоносителя, кг/с; Δh – изменение удельной энтальпии, Дж/кг.

Изменение удельной энтальпии для однофазных теплоносителей равно:

$$\Delta h=c_p\Delta T;$$

где c_p – удельная изобарная теплоёмкость, Дж/(кг*К); ΔT – изменение температуры однофазного теплоносителя;

3. Температура нефти, поступающей в добывающую скважину, для рассматриваемого примера, $t_n=70^\circ\text{C}$;

4. Вязкость нефти при повышении температуры на $\Delta t_n=40^\circ\text{C}$ снижается в 1,5~2 раза для разных (по вязкости) нефтей. Соответственно во столько же раз возрастает количество поднимаемой нефти.

Таким образом, в статье изложен способ повышения нефтедобычи с использованием термальных вод нижележащих горизонтов. Глубина залегания пласта донора термальных вод достигает порядка 3000 метров. Температура пластовой воды, находящейся под давлением до 30 МПа, составляет порядка 100°C . Для использования в качестве теплоносителя пластовой воды в пласт донор пробуривается материнская скважина, из которой забуривают боковой ствол в нефтесодержащий пласт. Глубина залегания нефтесодержащего пласта порядка

800 м. Температура нефти в пласте около 27°C , давление которого составляет порядка 8 МПа, Устройство стволов исключает попадание воды в нефтесодержащий пласт. Вода циркулирует в стволе материнской скважины и в межтрубном пространстве бокового горизонтального ствола из-за разности давлений между горизонтами. Объем теплоносителя (термальной воды) в сутки составляет порядка 1000 м³, количество переносимого тепла порядка 245280 КДж/сут. При подъеме воды до горизонтального ствола её температура охлаждается до 80°C . Соответственно, нефть в коллекторе пласта в призабойной области нагревается до той же температуры. Вязкость нефти при такой температуре снижается в 1,5-2 раза, во столько же раз возрастает объём добываемой нефти.


Заключение

В статье изложена технология повышения нефтедобычи с использованием термальных вод, которая позволяет экономить на затратах энергии в теплонагревателях и является энергосберегающей. Предлагаемое техническое решение добычи нефти использует одну материнскую скважину в пласте-доноре термальных вод и бокового ствола, забуренного из материнской скважины в нефтесодержащий пласт. Причем, боковой ствол представляет собой устройство типа «труба в трубе», в межтрубном пространстве которого циркулирует теплоноситель (термальная вода), отдающий тепло нефти в призабойной зоне (окружающей боковой ствол). Предлагаемая технология исключает попадание воды из теплоносителя в нефтесодержащий пласт. При этом решена одна из основных проблем нефтедобычи, связанная с обводнением нефтей и как следствие повышением вязкости нефть-водяных эмульсий, снижающих объёмы поднимаемой нефти. Высокая обводненность нефти также приводит к повышенной коррозии и выходу из строя нефтепромыслового оборудования. Данная технология не связана с применением нагревательных устройств и с переработкой водонефтяных эмульсий и является энергосберегающей и экологичной.

Реферат

Разработка новых эффективных и экологически безопасных способов повышения нефтедобычи является одной из основных задач нефтедобывающей отрасли. Одним из важнейших факторов, влияющих на объёмы фильтруемой нефти, является её вязкость. В данной работе представлены результаты исследования снижения вязкости нефти воздействием тепловыми полями. Для этой цели была предложена техно-

логия с использованием в качестве теплоносителя термальных пластовых вод из нижележащих горизонтов. Технологии с использованием термальных вод хорошо изучены и широко применяются. Главной проблемой такой технологии является высокая обводненность добываемой нефти, которая приводит к росту вязкости нефть-водяных эмульсий и, как следствие, снижению нефтедобычи. Высокая обводненность нефти также приводит к повышенной коррозии и выходу из строя нефтепромыслового оборудования. В данной статье предлагается техническое решение для добычи нефти с использованием одной материнской скважины в пласте-доноре термальных вод и бокового ствола, забуренного из материнской скважины в нефтесодержащий пласт. Причем, боковой ствол представляет собой устройство типа «труба в трубе», в межтрубном пространстве которого циркулирует

теплоноситель (термальная вода), отдающий тепло нефти в призабойной зоне (окружающей боковой ствол). Между внешней и внутренней трубами имеется перфорация, которая исключает попадание воды в нефтесодержащий пласт. Предлагаемое техническое решение позволяет проводить закачку горячей нефти через боковой ствол. Через отверстия перфорации нефть проникает во внутреннюю трубу. Дальнейшая циркуляция по горизонтальному стволу обеспечивается за счет использования энергии пласта-донора и включения в работу электроцентробежного насоса, оснащенного газосепаратором. В работе приведены расчёты теплообмена, температур теплоносителя и нефти на разных глубинах. Использование данной технологии позволяет повысить нефтедобычу в 1,5-2 раза и является примером эффективной, энергосберегающей и высокоэкологичной технологии. 

Литература

1. Косьянов П.М. Модель определения и повышения КИН. Проблемы и пути их решения. Инновационные процессы в науке и технике XXI века: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых, педагогических работников и специалистов-практиков. Тюмень. 2019. С.8-13. ID: 42688051.
2. Kosianov P.M. Ways to Improve Production Efficiency. Problems and Ways of Their Solution. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. Vol.16. P.3094-3097. DOI: 10.1166/jctn.2019.8225.
3. Косьянов П.М. Исследования воздействия тепловыми и электромагнитными полями на вязкость нефти. Недропользование XXI век. 2022. №1(77). С.62-65. ID: 49419245.
4. Краснов В.Г., Кревер А.В., Косьянов П.М. Буровой инструмент. Патент РФ 155161. 2015.
5. Косьянов П.М., Краснов В.Г. Оптимизация параметров бурового инструмента для повышения его эффективности. Недропользование XXI век. 2019. №4(96). С.80-85. ID: 37327631.
6. Косьянов П.М., Кольцов Н.И. Способ снижения вязкости нефти. Бутлеровские сообщения. 2023. Т.74. №5. С.54-58. DOI: 10.37952/ROI-jbc-RA/23-5-2-14.
7. Иванова Л.В., Стоколос О.А., Генералова Ю.В., Янтураев В.А., Примерова О.В., Мкртычан В.Р. Состав и свойства нефти месторождения Приозерное. Бутлеровские сообщения. 2021. Т.68. №10. С.105-109. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-68-10-105.
8. Шаалан М.А., Ахмедьянова Р.А. Нефте-, газовая промышленность Саудовской Аравии. Бутлеровские сообщения. 2020. Т.63. №9. С.105-112. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-63-9-105.
9. Корабельников М.И., Ваганов Ю.В., Аксенова Н.А. Техничко-технологические решения по добыче газа из газогидратных залежей. Территория «НЕФТЕГАЗ». 2023. № 1–2. С. 18–24.
10. Корабельников, М.И., Ваганов Ю. В., Аксенова Н. А., Корабельников, А.М. Способ и устройство для добычи нефтяного газа из осадочных пород с газогидратными включениями. Патент РФ 2 803 769. 2023.
11. Косьянов П.М., Манюкова Н.В. Проектирование компьютерной модели эксплуатации нескольких пластов одной нагнетательной скважины. Математические структуры и моделирование. 2021. №4(60). С.94-108. DOI: 10.24147/2222-8772.2021.4.94-108.
12. Косьянов П.М. Компьютерная модель эксплуатации нескольких пластов одной нагнетательной скважины. Технологические решения строительства скважин на месторождениях со сложными геолого-технологическими условиями их разработки. Библиотечно-издательский комплекс Тюменского индустриального университета. 2021. С.43-60. ID: 48768954.

UDC: 53.09

P.M. Kosianov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Tyumen Industrial University, a branch in Nizhnevartovsk, kospiter2012@yandex.ru

V.G. Krasnov Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Engineering, of Tyumen Industrial University, a branch in Nizhnevartovsk, nvftgngu@nv-net.ru

THE USE OF THERMAL RESERVOIR WATERS TO INCREASE OIL PRODUCTION

Abstract: This article presents the results of theoretical and experimental studies of reducing oil viscosity and increasing oil production by heating oil. Thermal reservoir waters are used as a coolant. The proposed technology eliminates the ingress of water from the coolant into the oil-containing reservoir. At the same time, one of the main problems of oil production has been solved, associated with the flooding of oils and, as a result, an increase in the viscosity of oil-water emulsions, which reduce the volume of oil produced. High water content of oil also leads to increased corrosion and failure of oilfield equipment. This technology is not associated with the use of heating devices and with the processing of water-oil emulsions and is energy-saving and environmentally friendly.

Keywords: oil, oil-water emulsions, thermal waters, coolant, thermal field, viscosity, oil production.



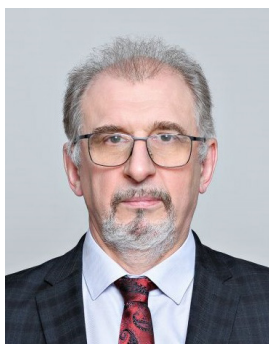
К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СКВАЖИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В данной работе рассматривается решение проблемы неравномерного дренирования газонасыщенного объема продуктивных пластов газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений с помощью инструмента оптимизации режимов работы скважин. Неравномерное падение пластового давления по площади для газоконденсатных месторождений может приводить к нерациональному использованию пластовой энергии, интенсивному выпадению конденсата в призабойной зоне отдельных скважин и снижать, таким образом, добычу газа. Авторами статьи предлагается решение проблемы быстрых темпов падения пластового давления с помощью оптимизации режимов работы скважин.

Ключевые слова: оптимизация, неравномерное дренирование, пластовое давление, темп падения, режим работы скважины, КГФ, газоконденсат.



Ходаков И.О.
ООО «Газпромнефть НТЦ»
руководитель направления
ilyakhodakov1996@mail.ru



Шандрыгин А.Н.
д-р техн. наук
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
главный научный
сотрудник
shan.alex2010@yandex.ru

Разработка газоконденсатных и нефтегазоконденсатных залежей месторождений природных углеводородов во многих случаях сопровождается неравномерным дренированием газонасыщенного объема продуктивных пластов, что приводит к нерациональному использованию пластовой энергии, снижению дебитов, прогрессирующему обводнению скважин на отдельных участках залежей и уменьшению, в целом, коэффициентов извлечения газа и конденсата. Данная проблема свойственна как зрелым месторождениям, находящимся на различных стадиях разработки, так и вводимым в разработку месторождениям, для которых уже в ходе их активного разбуривания на начальном этапе добычи создаются большие воронки депрессии.

Решение указанной проблемы требует применения соответствующих мероприятий по управлению разработкой месторождений, включающих оптимизацию технологических режимов эксплуатации скважин, проведение необходимых геолого-технических мероприятий (ГТМ), а также ввода новых скважин и зарезки боковых стволов. В данной работе рассматривается первая из перечисленных задач управления разработки месторождений природных газов – оптимизация технологических режимов работы скважин. Другие, не менее важные задачи оптимизации разработки месторождений, такие как размещение на залежах добывающих скважин и элементов системы обустройства месторождения, реализация ГТМ и ряд других – остаются за рамками данного обсуждения.

Оптимизация технических режимов работы скважин на месторождениях природных углеводородов (УВ) может производиться с использованием различных оптимизационных методов. Следует отметить, что активное развитие методов оптимизации началось еще в конце XIX века, когда математическая теория оптимизации стала формироваться как отдельная дисциплина. В нефтегазодобыче методы оптимизации начали активно применяться с 1950-х годов прошлого века, когда были разработаны методы оптимизации на основе линейного программирования, позволяющих находить оптимальные режимы работы скважин с учетом ограничений на добычу, давление и другие параметры. В 1960-х годах появились методы нелинейного программирования, которые позволили учитывать более сложные зависимости между параметрами и находить более точные решения.

С развитием вычислительной техники в 1970-80-х годах стали использоваться методы динамического программирования и стохастической оптимизации, которые позволили учитывать изменения параметров во времени и неопределенность данных, что сделало возможным более точное планирование добычи газа и конденсата.

В настоящее время для оптимизации режимов работы скважин используются современные методы, такие как генетические алгоритмы, нейронные сети и машинное обучение. Эти методы позволяют учитывать множество факторов, включая геологические особенности пласта, состояние оборудования и многое другое.

Современные решения в области оптимизации режимов работы скважин включают в себя следующие положения:

- Использование математических моделей для прогнозирования поведения скважин и оптимизации их работы.

- Разработка алгоритмов управления работой скважин на основе данных о их производительности и состоянии окружающей среды.

- Применение информационных технологий для сбора, анализа и визуализации данных об эксплуатации скважин, а также для управления их режимами работы.

- Использование методов искусственного интеллекта для автоматической оптимизации режимов работы скважин на основе анализа больших объемов данных в режиме реального времени.

Следует указать, что наличие современных методов в области оптимизации режимов работы скважин представляется хорошим «инструментом» для совершенствования процесса разработки месторождений природного газа с целью обеспечения максимальной технологической и экономической эффективности разработки. Однако эффективное использование данного «инструмента» предполагает выбор корректных целевых показателей для совершенствования процесса разработки, относительно которых и будет производиться оптимизация технологических режимов скважин. В этом отношении представляется возможным использование нескольких таких целевых показателей.

Так, в работе [1] предлагается алгоритм оптимизации дебитов газоконденсатных скважин, обеспечивающих минимум потерь пластовой энергии при выполнении условий по суммарной производительности всех скважин по газу. Предлагаемый авторами работы алгоритм позволяет получить либо оптимальное решение поставленной задачи оптимизации дебитов скважин по газу, эксплуатирующих газоконденсатную залежь, либо приближенное решение с контролем степени приближения. Отличительной чертой данного алгоритма является предлагаемая итерационная процедура, направленная на решение «*m*» задач оптимизации одного параметра вместо решения задачи оптимизации «*m*» параметров, что позволяет обойти затруднения вычислительного характера, которые возникают при решении задач с большим числом искомым переменных. Отмеченные выше свойства предлагаемого метода позволяют его рекомендовать для приближенного решения реальных задач оптимизации дебитов газоконденсатных скважин, связанных общим условием по суммарной производительности, по критерию минимума потерь пластовой энергии (минимума пластовых потерь конденсата).

Аналогичный подход для совершенствования процесса разработки месторождения природного газа, основанный на распределении заданного суммарного отбора газа по группе

газоконденсатных скважин с использованием в качестве критерия минимума потерь пластовой энергии предложен в работе [2]. Преобразование таким образом исходной задачи позволяет применить для её решения широко известные алгоритмы линейного программирования, например, симплекс-метод.

Авторами рассматриваемой статьи исследования выполнены исходя из достижения основных целей оптимального управления разработкой газоконденсатной залежи – обеспечения максимально возможных коэффициентов извлечения газа и конденсата. Данная двухкритериальная задача сводилась к задаче с одним критерием с выбором в качестве подлежащей максимизации целевой функции накопленный объем добычи конденсата. Задача максимизации добычи газа заменялась требованием к суммарной производительности всех скважин по газу. При таком варианте постановки задачи следует стремиться к такому распределению заданной суммарной производительности по газу, при котором обеспечивается наименьшее падение пластового давления по мере истощения запасов газа и конденсата. Это связано с тем, что снижение пластового давления приводит к росту пластовых потерь конденсата из-за его выпадения в виде жидкой фазы в пласте, что снижает коэффициент извлечения конденсата, а локальное значительное накопление конденсата в призабойной зоне скважин в виде так называемой конденсатной банки уменьшает продуктивность скважин и, соответственно, дебиты скважин. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению экономического эффекта от разработки газоконденсатных месторождений. Для минимального снижения пластового давления необходимо обеспечить минимум потерь пластовой энергии.

Таким образом, задача, решаемая в данной статье, состоит в следующем: на заданный момент времени найти такие дебиты скважин по газу, которые обеспечат минимум потерь пластовой энергии при выполнении задания по суммарной производительности по газу всех скважин.

Предлагаемый метод решения поставленной задачи состоит из двух стадий: сначала определяются коэффициенты сопротивления фильтрации скважин, эксплуатирующих залежи, а затем определяется распределение заданного суммарного отбора газа по скважинам, обеспечивающее минимальные потери пластовой энергии.

Между тем, как установлено авторами работы [3], снижение КИК по газоконденсатным залежам в основном зависит не от темпов понижения давления, а вследствие неравномерного дренирования пластов и образования

значительных воронок депрессий в отдельных зонах пласта, а также перетоков пластового газа из зон с повышенным давлением в зоны низкого давления. Такого рода перетоки вызывают дополнительную конденсацию компонентов C5+ из пластового газа в ретроградную жидкость вследствие проявления эффекта неравновесной фильтрации (поступление обогащенного компонентами C5+ газа в зоны пониженного давления с выпавшим конденсатом с оттеснением газовой фазы равновесной этой жидкости). Данный эффект имеет тот же характер, что и в случае образований конденсатных банок у забоя скважин, но проявляется в меньшей мере. Безусловно, неравномерность дренирования пластов связана, не только с неоднородностью распределения фильтрационно-емкостных свойств пластов и системой размещения скважин в залежи, но и с темпами отбора газа из залежи. Поэтому, темпы отбора газа из залежи влияют и на величину КИК. Изменение величины КИК согласно данным работы [3] может составлять первые единицы процентов в широком диапазоне изменения темпов отбора газа из залежи.

Наряду с указанными выше подходами к оптимизации технологических режимов скважин представляет интерес разработка методов оптимизации с использованием иных, чем в указанных подходах, целевых функций. В качестве одной из таких целевых функций может быть рассмотрен конденсатогазовый фактор (КГФ). Во многих случаях, при организации соответствующей системы замеров и учета добычи УВС на газоконденсатных месторождениях, данные о величинах КГФ по скважинам могут быть получены более оперативно, чем значения пластового давления в окрестностях скважинах.

Для оптимизации технологических режимов скважин с использованием данных о КГФ может быть использован подход, заключающийся в следующем: на заданный момент времени необходимо определить такие дебиты скважин по газу, которые позволят минимизировать потери пластовой энергии и, соответственно, минимизировать пластовые потери конденсата, при условии выполнения задания по общей производительности всех скважин.

Решение данной задачи основано на следующих предположениях:

- Значение КГФ имеет прямую связь с потенциальным содержанием конденсата ПС5+ (содержание углеводородов C5+). Поскольку величина ПС5+ связана с уровнем пластового давления (в качестве значений пластового давления принимается давление на границе удельного объема дренирования, либо расстояние, соот-

ветствующее половине расстояния до другой добывающей скважины), то и значение КГФ будет связано с пластовым давлением.

- В области значений от давления начала конденсации до давления максимальной конденсации уменьшение давления приводит к уменьшению ПС5+ и КГФ. Безусловно, имеют место «пульсации» КГФ, обусловленные различными «динамическими» процессами, такими как перераспределение насыщенности в конденсатной банке при смене технологического режима работы скважин, перераспределение величины притока из каждого из пластов в случае многопластовых эксплуатационных объектов (ЭО) и т.д. Тем не менее, будут наблюдаться однозначные тенденции к изменению КГФ в соответствие с изменением пластового давления. При этом, в случае достаточного значительного времени, прошедшего после смены технологического режима скважины, можно считать состояние конденсатной банки установившемся, что исключает существенное влияние этого явления на КГФ.

- Скважины, расположенные в области с низким пластовым давлением имеют пониженный КГФ, а в области высоких пластовых давлений – повышенный КГФ.

- В результате оценки КГФ скважин по всему фонду можно косвенно определить те из них, которые находятся в зонах с пониженным или повышенным пластовым давлением.

- Последующая выработка запасов из таких областей, а также увеличение добычи в скважинах с уже пониженным давлением, может привести к разрастанию воронки депрессии и ухудшению энергетического состояния пласта.

- Таким образом, в результате решения задачи предлагается уменьшать дебит на скважинах с низким КГФ и повышать на скважинах с высоким КГФ. При этом, увеличение дебита для скважин с высоким энергетическим состоянием пласта и, следовательно высоким КГФ, требует меньшую дополнительную депрессию, чем для скважин с низким энергетическим состоянием, и, следовательно, низким КГФ.

- Данный эффект вызван тем, что для ПЗС характерна высокая насыщенность пласта конденсатом (жидкость), что снижает ОФП по газу и уменьшает продуктивность газовой скважины.

- В результате, снижение дебита на скважинах с низким КГФ приведет к восстановлению давления в области скважины, при этом соответствующее увеличение дебита на скважинах с высоким КГФ не требует существенного увеличения депрессии.

- По итогу данное решение приведет к выравниванию давления по пласту и, в ряде случаев, к постепенному снижению темпов падения давления в пласте.

- Изменение дебитов по скважинам производится путем смены диаметра штуцера на устье.

Для реализации процесса оптимизации режимов работы скважин в соответствии с указанными соображениями предлагается следующий алгоритм расчетов с использованием интегрированной модели, либо отдельной модели системы сбора и транспорта:

1. Совершается сбор данных по КГФ по всему выбранному к оптимизации фонду газоконденсатных скважин.

2. Из всех значений КГФ отбирается минимальный КГФ и максимальный КГФ

$$\alpha_i = A \left(\frac{\text{КГФ}_i - \text{КГФ}_{\min}}{\text{КГФ}_{\max} - \text{КГФ}_{\min}} \right)^n$$

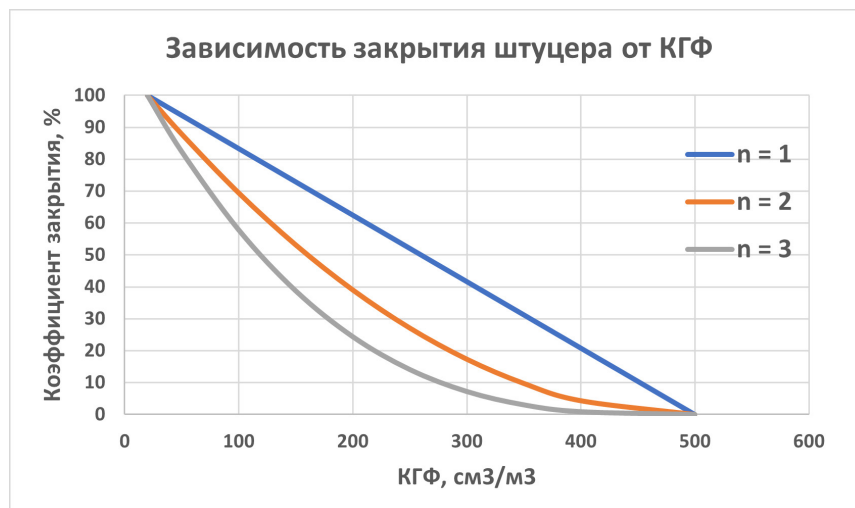


Рис. 1. Зависимость закрытия штуцера от КГФ с различными значениями степени.

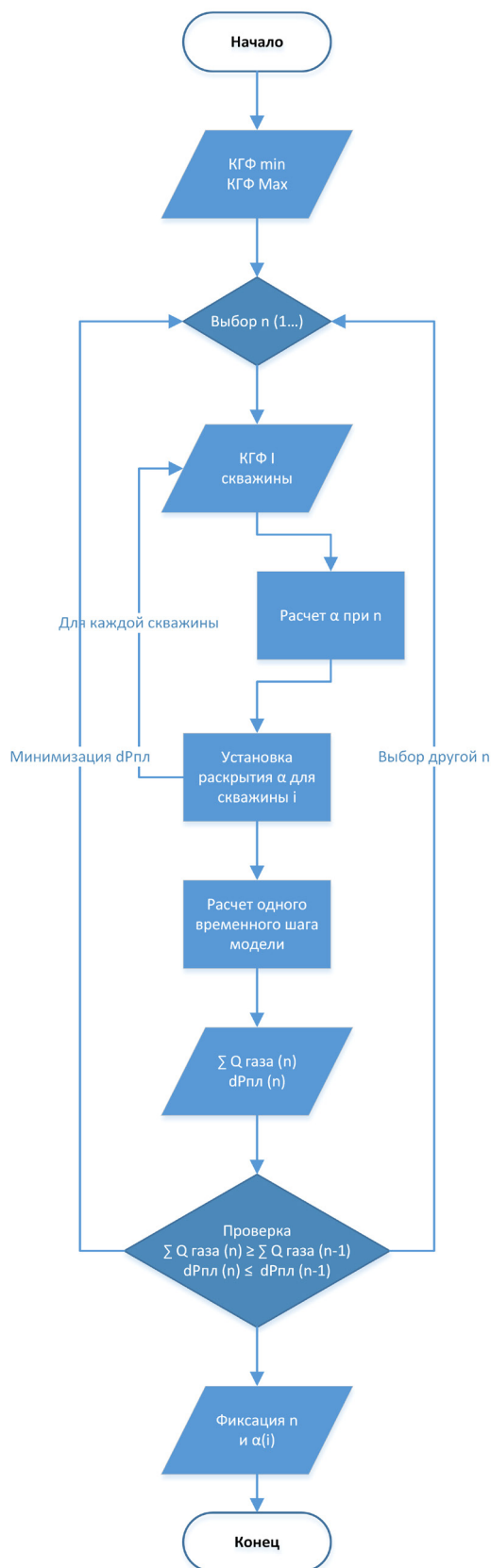


Рис. 2. Блок-схема оптимизации режима газоконденсатных скважин для минимизации темпов падения пластового давления.

где A – множитель, n – степень функции (может принимать любые значения от 1 до 10)

3. Далее строится график зависимости КГФ от коэффициента закрытия скважины. (рис.1) При этом увеличивая степень – увеличиваем «жесткость» закрытия скважины при низких КГФ.

4. Затем подставляются полученные значения для штуцеров в модели скважин с соответствующим раскрытием штуцера.

5. Производится расчет одного шага модели с оптимизацией по ограничению добычи газа.

6. Рассчитывается значение по добыче и проводится проверка того, что суммарная добыча по газу для выбранной группы скважин не меньше добычи до оптимизации.

7. Проводится проверка условия: изменение пластового давления не привело к его снижению.

8. Производится итеративный подбор коэффициента « n » таким образом, чтобы суммарная добыча по газу не уменьшалась по отношению к базовому расчету, при этом минимизируется изменение пластового давления.

Блок-схема данного алгоритма приведена на рис.2

В качестве метода оптимизации можно использовать различные алгоритмы и подходы, в зависимости от конкретной задачи и условий. Некоторые из наиболее распространенных методов оптимизации включают:

- Градиентный спуск – метод основан на использовании градиента функции для определения направления спуска. Он эффективен для функций с гладким градиентом.

- Метод Ньютона – метод использует последовательность приближений к минимуму функции, которая определяется как решение уравнения $f'(x)=0$. Он обладает квадратичной сходимостью и может быть использован для оптимизации функций с гладким градиентом.

- Генетические алгоритмы – алгоритмы имитируют естественный отбор и эволюцию в природе для поиска оптимального решения. Они могут быть полезны для оптимизации сложных многомерных функций.

- Символьная регрессия – метод использует математические модели для поиска оптимального решения. Он может быть полезен для оптимизации функций, которые могут быть представлены в виде математических выражений.

- Локальный поиск – методы включают в себя поиск в пространстве решений с использованием различных стратегий, таких как случайный поиск, поиск по градиенту и т.д. Они могут быть полезны для оптимизации функций с негладким градиентом или для оптимизации функций, которые не могут быть представлены в виде математических выражений.

Более подробно рассмотрим оптимизацию с помощью широко известного метода Ньютона. Метод Ньютона – это итерационный численный метод, который используется для нахождения корня (нуля) заданной функции и основан на построении последовательных приближений и принципах простой итерации. Метод обладает квадратичной сходимостью и может быть использован для решения задач оптимизации, в которых требуется определить ноль первой производной либо градиента в случае многомерного пространства. Основан на использовании последовательности приближений к минимуму функции, которая определяется как решение уравнения $f'(x)=0$, где $f'(x)$ – градиент функции в точке x .

Метод Ньютона имеет ряд преимуществ, которые делают его привлекательным для использования в задачах оптимизации:

- Обладает квадратичной сходимостью, быстро приближается к оптимальному решению.
- Может быть использован для оптимизации функций с гладким градиентом.
- Может быть использован для оптимизации функций с несколькими переменными.
- Может быть использован для оптимизации функций, которые могут быть представлены в виде математических выражений.

В тоже время, данный метод имеет также некоторые ограничения и недостатки, которые следует учитывать при его использовании:

- Необходимо определить начальное приближение. Если оно будет далеко от решения, то функция может разойтись.
- Требуется знания первой производной функции, которую мы хотим оптимизировать.
- Может быть нестабильным, если градиент функции не гладкий или если функция имеет несколько локальных минимумов.
- Может быть медленным, если градиент функции меняется быстро.
- Может быть неэффективным для оптимизации функций с большим количеством параметров.

Заключение

В рамках данной статьи выполнен обзор литературы по имеющимся способам оптимизации работы газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений. Также авторами была предложена методика по оптимизации режимов работ газовых и газоконденсатных скважин в целях снижения темпов падения пластового давления и выравнивания профиля дренирования, что в конечном итоге приводит к повышению конечного КИГ и КИК. ^{XXI}

Литература

1. Ермолаев А.И., Трубачева И.А., Некрасов А.А. Алгоритм оптимизации дебитов газоконденсатных скважин// Наука и техника в газовой промышленности. – 2019, № 3. – с. 26-34
2. Ермолаев А.И., Трубачева И.А., Некрасов А.А. Распределение заданного суммарного отбора газа по скважинам газоконденсатной залежи по критерию минимума потерь пластовой энергии// Наука и техника в газовой промышленности. – 2019, № 2. – с. 57-68
3. A.N. Shandrygin, A.Yu. Yushkov, D.N. Glumov. Causes of Decreased Condensate Recovery from Low-Permeable Formations and Ways to Increase It. SPE162066. Paper presented at the SPE Russian Oil and Gas Exploration and Production Technical Conference and Exhibition, October 16–18, 2012.

UDC: 622.279

I.O. Khodakov, discipline head of LLC «Gazpromneft NTC», ilyakhodakov1996@mail.ru
A.N. Shandrygin chief researcher of LLC «Gazprom VNIIGAZ», shan.alex2010@yandex.ru

ON THE ISSUE OF OPTIMIZING TECHNOLOGICAL MODES OF WELLS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF GAS CONDENSATE DEPOSITS DEVELOPMENT

Abstract: In this work, the solution to the problem of uneven drainage of the gas-saturated volume of productive layers of gas condensate and oil gas condensate deposits is considered using the optimization tool for well operation modes.

An uneven drop of reservoir pressure over an area for gas condensate fields can lead to irrational use of reservoir energy, intense condensate accumulation in the bottom hole zone of wells, and thus to reduce gas production. The authors of the article propose a solution to the problem of rapid and unequal decline in reservoir pressure by optimizing well operating modes.

Keywords: optimization, uneven drainage, formation pressure, decline rate, well operation mode, GCF, gas condensate.



НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Показаны экологические аспекты эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. Рассмотрены методические основы формирования системы гидрогеологического мониторинга в общей структуре комплексного геоэкологического мониторинга объектов нефтегазового комплекса. Представлена структура комплексного геоэкологического мониторинга и мониторинга подземной гидросферы, состоящая из трех подсистем: наблюдений, оценок и прогноза. Сформулированы требования к исходной информации, на основе которой проектируется наблюдательная сеть, проводятся оценки состояния подземной гидросферы как на стадиях проектирования изучаемых объектов и системы мониторинга, так и в процессе функционирования объектов и систем мониторинга.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, подземные воды, экологический мониторинг, подсистема наблюдений, подсистема оценок, подсистема прогнозов, гидросфера, окружающая среда.



Белюсова А.П.
д-р географ. наук,
профессор
ФГБУН Институт
водных проблем РАН
главный научный
сотрудник
anabel@iwr.ru

В Федеральном Законе РФ «Об охране окружающей среды» (от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ) дано следующее определение мониторинга: «Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов», которым и будем пользоваться в своих исследованиях.

Проблемы охраны окружающей среды в районах расположения нефтегазового комплекса [3] решаются с помощью функционирования системы комплексного экологического монито-

ринга, включающего взаимосвязанные подсистемы мониторинга гидросферы (МГС), атмосферы, литосферы и техносферы. На основе ранее разработанной (после аварии на ЧАЭС) концепции мониторинга атомных станций [1,2], системного подхода и законодательства о мониторинге выбрана следующая структура МГС (**рисунок 1**): вход в систему – исходная информация о текущем состоянии системы; система МГС, состоящая из трех подсистем – наблюдений (режима), оценок и прогноза; выход из системы – мероприятия по улучшению природно-технической обстановки (выход из системы МГС является входом в систему управления водными ресурсами).

Экологические аспекты эксплуатации объектов нефтегазового комплекса

Добыча нефти и газа сопровождается извлечением пластовых вод, газоконденсата, попутного газа. В самих нефтедобывающих скважинах происходит кольматация рабочей части скважины и продуктивного пласта вблизи скважины механическими частицами из бурового раствора, химическими соединениями и веществами, содержащимися в добываемых продуктах и реагентах, используемых при добыче. При добыче нефти происходят негативные изменения окружающей среды: атмосферы, поверхностных вод, почв и пород зоны аэрации и подземных вод. Ухудшение состояния атмосферы вызывается сжиганием попутного газа в факелах, находящихся на территории месторождений. Загрязнение нефтью сосредоточено в пределах участков, на которых расположены продуктивные скважины, нефтесборные пункты и другие сооружения; а также при порывах нефтепроводов на территории месторождения; при этом становятся отравленными почвы и породы, поверхностные и подземные воды. Попадание пластовых водами – высокоминерализованных рассолов в пресные подземные воды имеет место на участках расположения скважин, а также при порывах водоводов, отводящих эти сточные воды в систему законтурного обводнения или на участки их захоронения. Следствием разливов высокоминерализованных рассолов является загрязнение и засоление почв и пород зоны аэрации, поверхностных и подземных вод.

Специфика эксплуатации нефтяных и газовых месторождений диктует необходимость постановки и решения двух первоочередных задач:

- оптимизация процесса добычи полезных ископаемых с использованием современных технологий;

- обеспечение устойчивости экологического состояния окружающей среды в пределах нефтяного месторождения и в зоне его влияния.

Эти задачи взаимосвязаны и решение одной из них не должно приводить к отрицательным последствиям при решении другой.

Последовательность геолого-гидрогеологического изучения нефтяного (или газового) месторождения для решения указанных задач представлена на схеме 1 и заключается в следующем:

- выделяют все технологические объекты, подлежащие исследованию – продуктивные скважины и объекты, вызывающие загрязнение окружающей среды (нефтегазосборные системы, нефтегазопроводы, водоводы, система законтурного заводнения, система захоронения сточных вод и др.);
- устанавливают добываемые продукты: нефть, газ, попутный газ, газоконденсат, пластовые воды (которые являются и загрязняющими веществами (ЗВ); также к ним следует отнести и техногенные ЗВ, используемые при добыче нефти и газа (буровые растворы, реагенты);
- определяют природно-техногенные объекты, а также границы зоны их воздействия (в нее входят территория месторождения и прилегающая к ней зона, на которую распространяется негативное влияние эксплуатации месторождения или другого объекта (нефтегазопровод и пр.), обычно это связано с атмосферным переносом ЗВ и выпадением кислых атмосферных осадков за пределами месторождения;
- исследуют природнотехногенные объекты по следующим видам изученности: геологической, геофизической, тектонической, геоморфологической, гидрологической, гидрогеологической, климатической, гидрогеохимической, почвенной;
- выполняют работы в локальном и региональном масштабах:

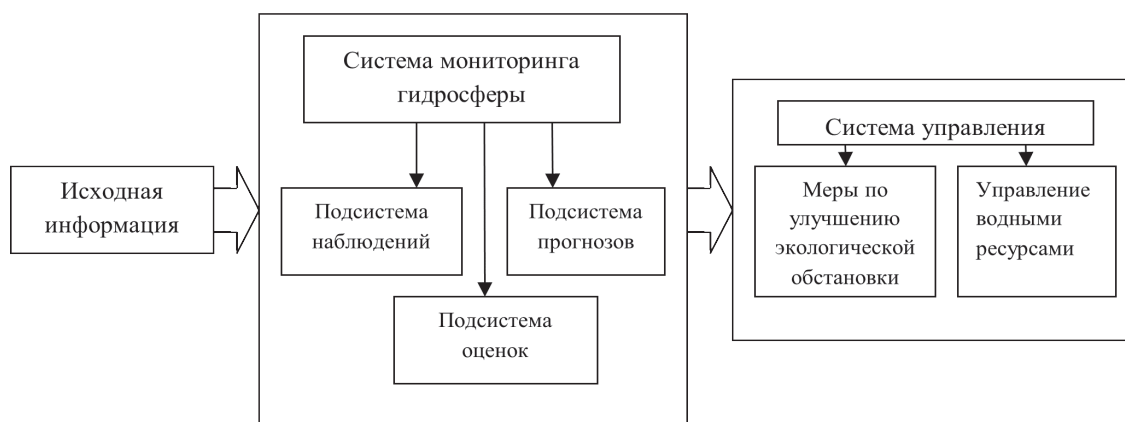
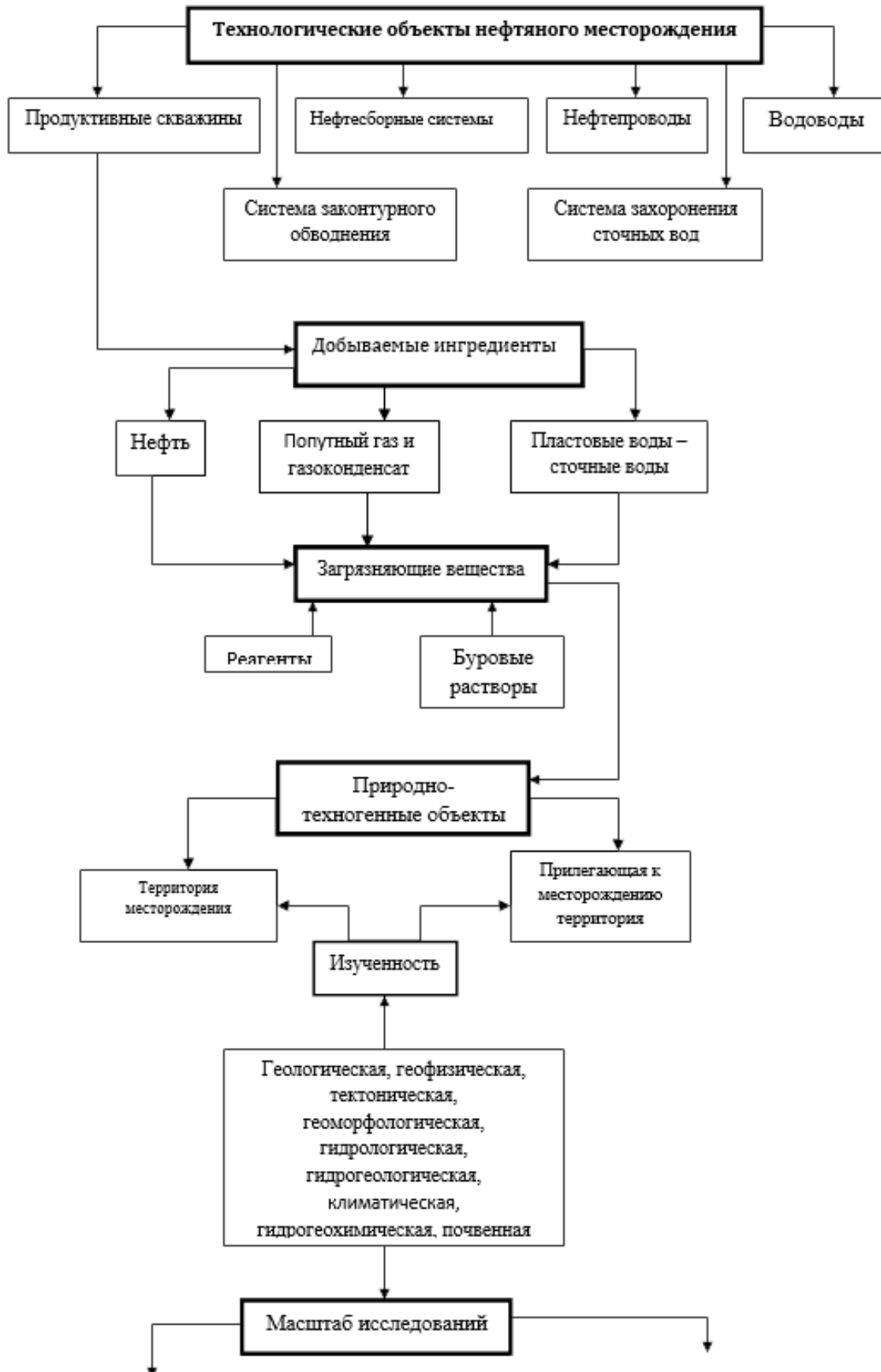


Рис. 1.
Структура мониторинга гидросферы.



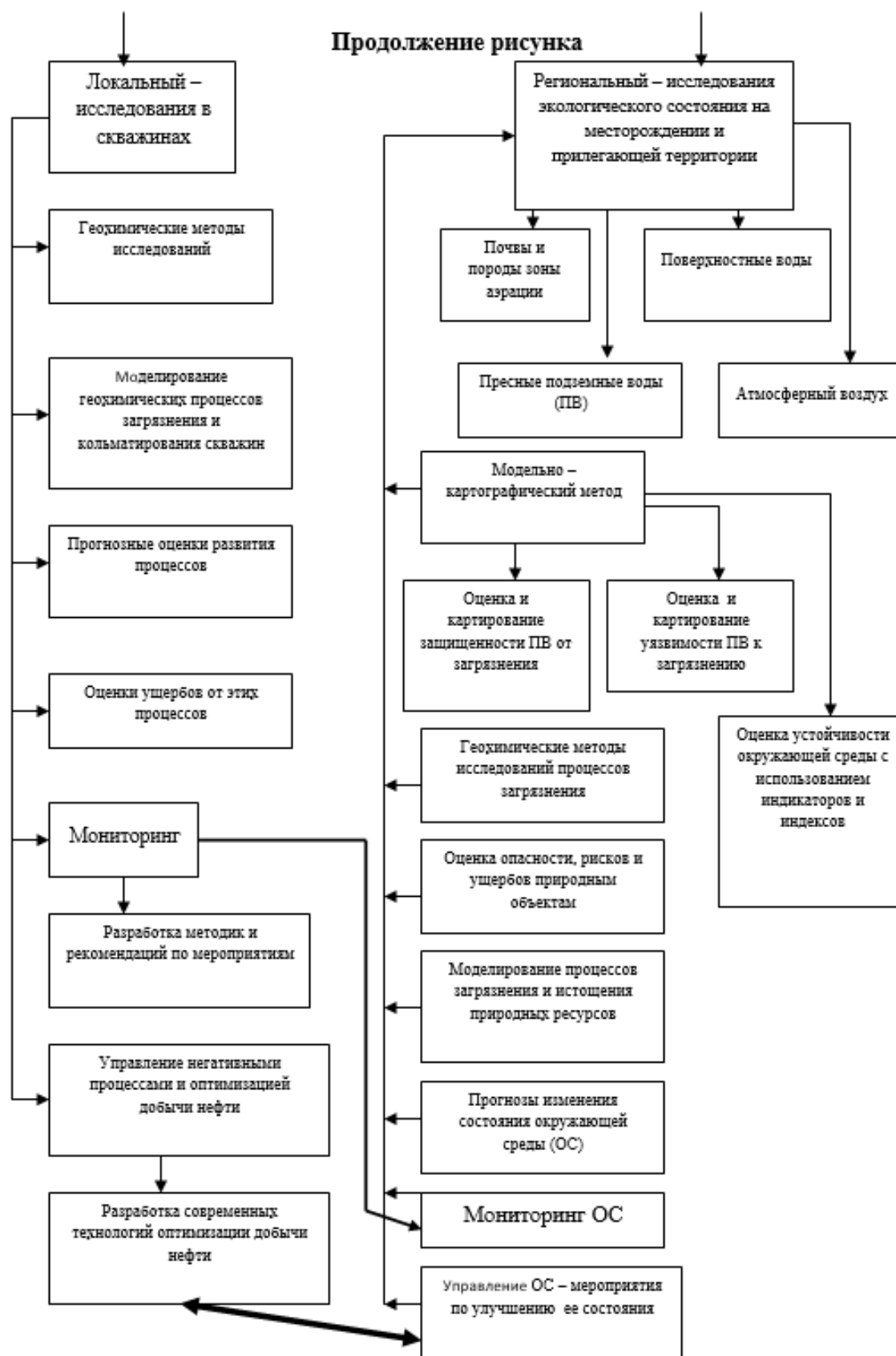


Рис. 2. Схема изучения экологической ситуации на нефтяном месторождении.

- локальные исследования скважин включают в себя геохимические методы изучения, направленные на установление состава и типов загрязняющих и колюматрирующих веществ, и опробование (опытное) рекомендованных химических веществ и соединений, используемых для увеличения нефтеотдачи скважин; моделирование геохимических процессов загрязнения и колюматажа скважин с целью выбора оптимальных методов очистки призабойной зоны продуктивных скважин; прогнозирование развития процессов загрязнения, колюматажа и очистки скважин с целью оптимизации технологических решений; оценку ущербов от этих процессов с целью экономической оптимизации технологического цикла; организацию и ведение мониторинга за техническим состоянием скважин и их влиянием на окружающую среду, на основе которого разрабатываются рекомендации по увеличению нефтеотдачи скважин и улучшению их эколого-технологического состояния. Базируясь на вышеперечисленных исследованиях, осуществляется управление негативными процессами и оптимизацией добычи нефти и газа путем разработки и применения современных технологий добычи;
- региональные исследования экологического состояния на месторождении и прилега-

ющих к нему территориях включают наблюдения за почвами и породами зоны аэрации, поверхностными и пресными подземными водами и за атмосферным воздухом и заключаются в следующем: модельно-картографический метод исследований, позволяющий оценить степень естественной защищенности и уязвимости подземных вод и защитной зоны (почв и пород зоны аэрации) к загрязнению и истощению, а также оценить устойчивость окружающей среды к негативным антропогенным воздействиям с использованием индикаторов и индексов устойчивости отдельных ее компонентов; геохимические исследования процессов загрязнения всех компонентов природной среды, включая лабораторные и полевые методы; оценка опасности, рисков и ущербов компонентам окружающей среды от антропогенного воздействия; моделирование процессов загрязнения и истощения природных ресурсов; прогнозирование изменения состояния природной среды под действием негативных факторов и при проведении разрабатываемых мероприятий, улучшающих состояние окружающей среды. Все вышеперечисленные исследования являются элементами мониторинга окружающей среды на территории нефтяного или газового месторождения (включая мониторинг продуктивных скважин), для ве-

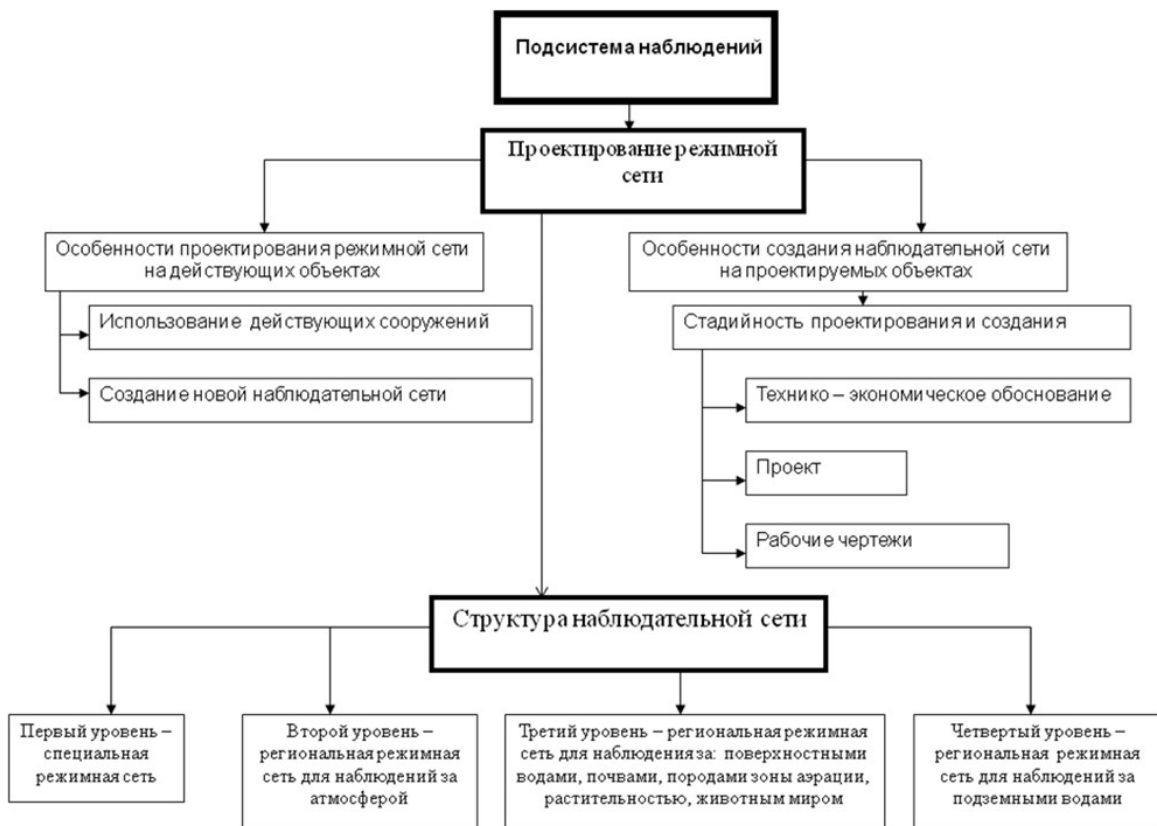


Рис. 3. Подсистема наблюдений (фрагмент).

дения которого на базе этих исследований проектируется и сооружается наблюдательная сеть и устанавливаются границы зон наблюдений. Выход из системы мониторинга является входом в систему управления состоянием окружающей среды и включает в себя только мероприятия по ее улучшению и природосберегающие технологии по оптимизации и повышению нефтеотдачи продуктивных скважин и в целом – добычи нефти и газа на месторождениях.

Структура МГС на объектах нефтегазового комплекса

Специфика эксплуатации объектов нефтегазового комплекса (рисунки 1 и 2) состоит в том, что они оказывают влияние на окружающую среду в целом, поэтому мониторинг этих объектов по сути своей должен быть комплексным, включающим наблюдения за всеми компонентами окружающей среды (атмосфера, литосфера, гидросфера, биосфера, а также техносфера).

Система МГС включает в себя следующие блоки (рисунки 1 и 2):

Блок исходной информации должен содержать данные:

1. Об объектах мониторинга (нефтяные, газовые, газоконденсатные месторождения, подземные хранилища газа, системы подземного захоронения сточных вод, трубопроводный транспорт) и их состоянии (действующие, проектируемые);
2. Об изученности этих объектов: природных условиях (геологические, тектонические, геофизические, сейсмические, геоморфологические, гидрогеологические, гидрологические, гидрогеохимические, почвенные, геотермические, гидродинамические, геодинамические, климатические, биологические, зоологические

и др., с построением соответствующих карт и установлением фоновых характеристик) и антропогенных условиях (технологические особенности объектов и их влияние на окружающую среду: механические и динамические изменения (источники возмущения геодинамической и гидродинамической обстановки, возникновение аномальных давлений в водоносных и продуктивных горизонтах, оседание поверхности земли, изменение направлений и интенсивности перетеканий из водоносных и продуктивных горизонтов, источники и интенсивность подтопления территорий и др.); загрязнение окружающей среды (атмосферы, почв и пород зоны аэрации, животного и растительного мира, поверхностной гидросферы, подземной гидросферы), с характеристикой объемов ЗВ их химического состава и площади распространения);

3. Сведения об источниках загрязнения этих объектов и их характеристиках: газообразные ЗВ, жидкие ЗВ (нефтепродукты, сточные воды, загрязненные отходами различных производств), твердые ЗВ. В результате объединения этих данных устанавливаются основные ЗВ, по которым будет проводиться мониторинг, строятся соответствующие карты (защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению выявленными ЗВ, а также карты специального районирования, позволяющие проектировать режимную сеть и оценивать состояние окружающей среды);

4. О границах зон мониторинга. Границы санитарно-защитной зоны устанавливаются по основным сооружениям на территории объекта; границы зоны наблюдений определяются по результатам метеорологических наблюдений за розой ветров, снеговой съемки и по данным о гидродинамических и гидрогеохимических особенностях потоков подземных вод;

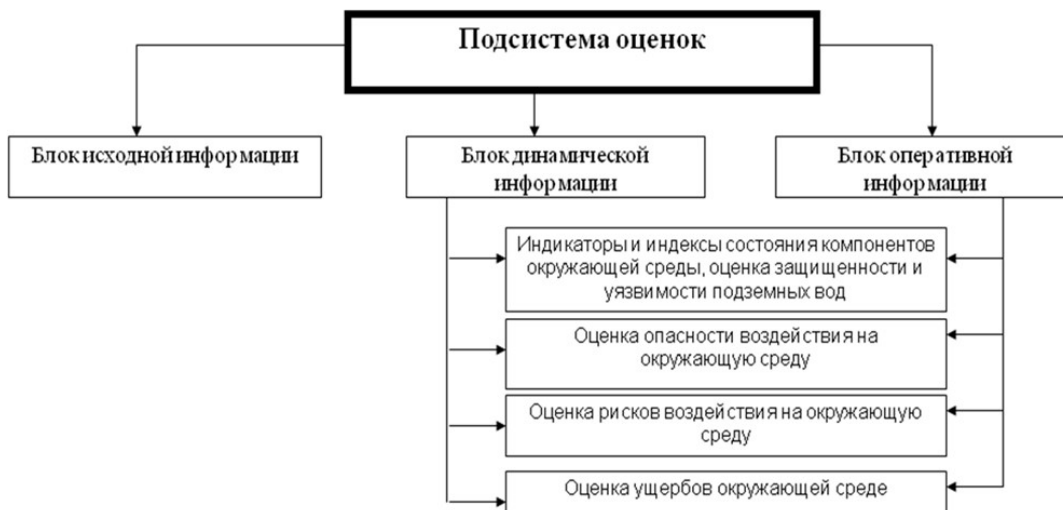


Рис. 4. Подсистема оценок.

5. Об изученности структуры КГЭМ (включающей все компоненты окружающей среды) с точки зрения развития физико-химических, физико-биологических и геотермических, инфильтрационных, фильтрационных и миграционных процессов в насыщенной и ненасыщенной зонах для получения данных о параметрах перечисленных процессов.

Для обеспечения блока исходной информации данными о параметрах указанных процессов, происходящих во всех компонентах окружающей среды и приводящих к загрязнению подземной гидросферы необходимо проведение полевых исследований: съемок (снеговая, газовая, изотопная, вводно-гелиевая и др.); опытно-фильтрационных, геотермических и опытно-миграционных работ в зонах полного и неполного насыщения; а также лабораторных гидрогеохимических исследований.

Завершающим этапом работ, предшествующим проектированию режимной сети, является предварительное математическое моделирование процессов загрязнения подземных вод всеми ЗВ с использованием ранее полученных параметров основных процессов, способствующих негативному изменению экологического состояния подземных вод.

Подсистема наблюдений включает в себя наблюдения за всеми компонентами окружающей среды (рисунк 3). Для наблюдений оборудуется

режимная наблюдательная сеть, являющаяся основным инструментом МГС. Особенности проектирования режимной сети должны учитывать технологическое состояние объектов мониторинга (действующие или проектируемые). Подсистема наблюдений включает в себя несколько уровней: первый – специальная режимная сеть для наблюдения за источниками загрязнения; второй – региональная режимная сеть для наблюдений за атмосферой; третий – региональная режимная сеть для наблюдения за поверхностными водами, почвами, породами зоны аэрации, растительным и животным миром и четвертый – региональная режимная сеть для наблюдений за подземными водами. Проектирование режимной сети осуществляется в два этапа: проектирование «идеальной» режимной сети на базе природотехногенных факторов и оптимизация сети – создание реальной режимной сети с учетом экономических и технических ограничений. После проектирования следует сооружение периодичности и состава наблюдений, создание автоматизированной системы наблюдений.

Подсистема оценок является связующим звеном между подсистемами наблюдений и прогноза. Подсистема оценок (рисунк 4) включает в себя блоки исходной, динамической и оперативной информации, с помощью которых устанавливаются индикаторы и индексы устой-



Рис. 5. Подсистема прогнозов.

чивости состояния компонентов окружающей среды и подземной гидросферы в частности, проводится оценка опасности, рисков и ущербов компонентам окружающей среды.

Подсистема прогнозов представляет собой (рисунки 5) автоматизированную структуру, состоящую из информационной системы (банков данных и программного обеспечения для их обработки), постоянно действующей модели и блока прогнозов (включая сценарии аварий и чрезвычайных ситуаций различной сложности), способствующих корректировке режимной сети. Вся подсистема прогнозов должна базироваться на современных ГИС-технологиях. Эта подсистема должна обеспечить проектирование и проведение «кризисного» мониторинга в случае возникновения чрезвычайных природных и антропогенных ситуаций.

Выход из системы МГС представляет собой разработку мероприятий (технологических, гидрологических, био-химических, гидрогеологических, гидрогеохимических), улучшающих экологическое состояние окружающей среды в целом и подземной гидросферы в частности, на объектах мониторинга. Кроме этого необходима разработка и усовершенствование нормативных документов и правовых основ экологического законодательства.

Выводы

Мониторинг гидросферы является необходимым инструментом охраны окружающей среды на объектах нефтегазового комплекса. В связи с этим изложенные методические положения мониторинга гидро-сферы в районах расположения предприятий и месторождений нефтегазового комплекса могут быть использованы при проектировании и организации его на конкретных объектах. Представленная концепция мониторинга является комплексной, так как включает наблюдения не только за экологическим состоянием во всех компонентах окружающей среды, но и за всеми ЗВ, обуславливающими загрязнение поровых, грунтовых и напорных вод в зонах контролируемых объектов.

Функционирование системы мониторинга гидросферы, включающей подсистему оценок (основой которой составляют индикаторы и индексы устойчивости качества подземных вод), является надежной базой для определения направления эколого-экономического развития изучаемых объектов и сохранения подземной гидросферы как компонента окружающей среды. Мониторинг гидросферы также является частью КГЭМ окружающей среды и важным элементом при формировании стратегии перехода контролируемых регионов к устойчивому развитию. XXI

Работа проводилась в рамках научной программы Института водных проблем РАН (проект № FMWZ-2022-0001)

Литература

1. Белоусова А.П., Захарова Т.В., Швец В.М. Мониторинг гидросферы в районах расположения АЭС // Водные ресурсы, 1992, № 3, с. 127-134.
2. Белоусова А.П. Мониторинг подземных вод в районах расположения АЭС. Разведка и охрана недр. 2015, № 4, с. 65-71.
3. Белоусова А.П. Мониторинг подземных вод на объектах нефтегазового комплекса. Водные ресурсы. 2005, №6, с.727-738.

UDC: 558.383/388:504(571.1)

A.P. Belousova, Dr. of Geographical Sciences, Professor Institute of Water Problems of the RAS anabel@iwp.ru

SCIENTIFIC BASIS OF THE CONCEPT OF ECOLOGICAL GROUNDWATER MONITORING AT OIL AND GAS COMPLEX

Abstract: Ecological aspects of operation of oil and gas deposits are shown. Methodical bases of formation of system of hydrogeological monitoring in the general structure of complex ecological monitoring objects of an oil-and-gas complex are considered. The structure of complex ecological monitoring and monitoring of the underground hydrosphere, consisting of three subsystems is submitted: supervision, estimations and the forecast. Requirements to the initial information on the basis of which the observant network is projected are formulated, estimations of a condition of underground hydrosphere as on design stages of investigated objects and systems of monitoring are carried out, and during functioning objects and systems of monitoring.

Keywords: oil and gas complex, groundwater, ecological monitoring, observation subsystem, assessment subsystem, forecast subsystem, hydrosphere, environment.



ЭНЕРГИЯ СИНТЕЗА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Проведены исследования по энергетике синтеза минерального сырья, выявлена роль урана, тория и благородных газов.

Ключевые слова: внешнее и внутреннее ядро Земли, мантия, земная кора.



Устьянцев В.Н.
uvn_50@mail.ru

Еще в начале 20-х годов прошлого столетия В.И. Вернадский писал, «о необходимости создания «науки будущего», науки – изучающей «энергетику нашей планеты».

«От эмпирических фактов к их обобщению и далее к научному объяснению – плодотворно работает в своем единстве. Все попытки ускорить процесс, за счет исключения сложной и трудоемкой стадии формирования эмпирических обобщений, чреватые искажением общего процесса и созданием иллюзии знания» (В.И. Вернадский, 1920).

«В основе понимания развития и районирования земной коры и ее полезных ископаемых, лежат глубинные мантийные, коровые физико-химические деформации и порождаемые ими движения осадочных формаций» [Д.В. Наливкин, В.А. Николаев, А.Е. Ферсман, Д.И. Щербаков, А.С. Уклонский, Б.Н. Наследов, В.И. Попов и их ученики].

С физико-химическими деформациями генетически связано возникновение волн энергии как продольного, так и поперечного типа всех уровней

иерархии, под воздействием которых вещество выводится из состояния динамического равновесия, что приводит к началу геологических процессов.

Из всех известных природных явлений системные свойства волны энергии способны структурировать пространство системы Земли с проявлением закономерностей размещения месторождений в блоках земной коры. Месторождения располагаются в блоках, подчиняясь определенному закону, то есть, проявлена комплементарность системным свойствам волны энергии. Проявлена, как показано в работе дискретность, периодичность размещения месторождений минерального сырья.

Вещество, мигрируя из одной формации в другую, подвергается преобразованию на атомарном уровне, приобретая новые качества и свойства. Физико-химические деформации генетически связаны с взаимодействующими полями напряжений, возникновение которых связано с силовым полем гравитации и центробежными силами вращающейся системы.

Ведущим фактором рудогенеза, является фактор энергетический.

С разделением пространства системы Земли (космоса), зоной интенсивной степени деформации (проницаемости), обладающей высоким энергетическим потенциалом, связывается формирование системы: сводовое поднятие - океаническая впадина

Разделенные области обладают не только различными энергетическими потенциалами, но и разной степенью проницаемости тектоносферы, что повлияло на формирование гранитометаморфического слоя системы Земли. Волна энергии исходящая из области ядра, также способствует процессу расширения системы Земли. Системы глубинных разломов контролируют миграцию вещества в системе Земли, расположение источников энергии и формирование архитектуры тектоносферы.

Солнце вращается вокруг центра галактики Млечный Путь. Средняя скорость составляет 828000 км/час. Один оборот занимает около 230 миллионов лет. Млечный Путь является спиральной галактикой. Считается, что она состоит из центрального ядра, 4-х основных рукавов, имеющих несколько коротких сегментов. Солнечная система располагается в спиралевидной подсистеме галактики, обладающей высоким энергетическим уровнем, к вопросу разделения пространства космоса на области с низкой и высокой степенью энергетики. Система Земли вращается вокруг своей оси, вокруг Солнца и вокруг галактики, совершая при этом квазисинусоидальные колебательные движения в плоскости галактики.

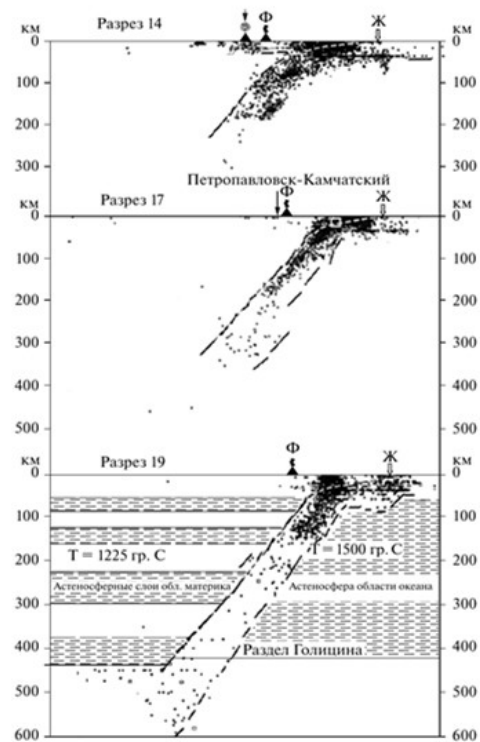
Система Земли. «Одновременное проявление (по В.В. Белоусову, 1975), на поверхности материков различных эндогенных режимов, «указывает на гетерогенность теплового поля Земли: в одно и то же время тепловые потоки в разных местах разнятся по своей интенсивности, следовательно, тепловые потоки меняют свою интенсивность как в пространстве, так и во времени».

Данный факт, указывает на существование единого управляющего механизма, под воздействием которого эволюционно развивается система и объекты, в ее геологическом пространстве. Данное обстоятельство, дает возможность широкого применения метода аналогии в геологии.

Наблюдается временной разрыв меж скоростью прохождением волной энергии тектоносферы и локализацией минерального сырья.

Наблюдается временной разрыв меж скоростью прохождением волной энергии тектоносферы и локализацией минерального сырья.

Деформирующие напряжения блоков на примере Камчатки



Поперечные разрезы сейсмофокальной зоны
Пунктирной линией показано предполагаемое положение крошки поддвигаемой Тихоокеанской плиты (по Г.П. Авдейко) Дополнил: В.И. Устьянцев, 2020

Рис. 1.

Чередование ослабленных и плотных пород по laterали в литосфере (Р.З. Тараканов, Н.В. Левый). Факт, отражающий структурирование волной энергии тектоносферы.

Наблюдается временное отставание гидротермального процесса рудообразования и локализация минерального сырья любого типа, в трещинно-брекчиевых, всех морфологических типах структур – пологих, крутопадающих, трубчатых, флексуобразных и др., в которых локализуется: золото, уран, стронций, ртуть, нефть, газ, газоконденсат и др (месторождения Средней Азии, З. Сибири).

Данное обстоятельство объясняется разностью скоростей миграции массопотока – флюида, и скоростью волны энергии, под воздействием которой циклически-направленно происходит **структурирование геологического пространства системы Земли**.

Теорема И. Р. Пригожина (1947), термодинамически неравновесных процессов:

«при внешних условиях, препятствующих достижению системой равновесного состояния, стационарное состояние системы соответствует минимальному производству энтропии». **«Синергетика объясняет процесс самоорганизации в сложных системах следующим образом:** Закрытая система в соответствии с законами

термодинамики должна в конечном итоге прийти к состоянию с максимальной энтропией и прекратить любые эволюции. Самоорганизация неразрывно связана с волновыми процессами. В любых открытых, диссипативных и нелинейных системах неизбежно возникают автоколебательные процессы, поддерживаемые внешними источниками энергии, в результате которых протекает самоорганизация» (И.Р. Пригожин). Процесс формирования месторождений минерального сырья – антиэнтропийный. Система формирования минерального сырья – открытая, благодаря наличию тектонических нарушений в земной коре. Таким образом, главным фактором формирования месторождений являются – тектонические нарушения. То-есть, тектонические нарушения контролируют месторождения минерального сырья.

Из области ядра, исходит волна энергии, под воздействием которой происходит структурно-вещественное преобразование тектоносферы планет.

Роль гелия и дргих благородных газов

«Общеизвестно, что Солнце и другие звезды черпают свою колоссальную энергию из пылающего в их недрах «термоядерного котла». Но и относительно холодная Земля излучает тепла заметно больше, чем можно было бы предположить на основе таких широко распространенных в природе процессов, как, например, естественный радиоактивный распад. Некоторые ученые считают, что причина этого кроется в работе гигантского атомного реактора в земных глубинах. Только в нашем геореакторе происходит не термоядерный синтез, как в звездах, а цепные реакции деления.

В 1972 г. на заводе во Франции, производящем обогащенное ядерное топливо, случилось ЧП. До сих пор считалось, что изотопный состав природного урана повсюду на Земле одинаков. Однако в одной партии исходного сырья обнаружилось заметно меньше урана-235, чем обычно. Комиссариат по атомной энергии начал расследование.

Специалисты увидели в случившемся не злой умысел, но потрясающий природный феномен. Оказалось, что около 1,8 млрд лет назад на нескольких участках уранового месторождения в Окло (Габон), откуда поступила партия урана, происходили цепные ядерные реакции деления. Иными словами, там работал настоящий ядерный реактор, только не рукотворный, а природный. В частности, при изучении продуктов деления одного из таких реакторов было установлено, что он действовал в течение нескольких сотен тысяч лет в импульсном режиме – с рабочим

циклом в полчаса и перерывом 2,5 часа, – выжигая уран-235.

Почему вообще так важна роль урана-235? Дело в том, что именно этот изотоп охотно делится под воздействием медленных нейтронов в отличие от преобладающего изотопа – урана-238, который может делиться только быстрыми нейтронами (а быстрые – в среде замедляются), а цепная реакция гаснет, не успев начаться).

Таким образом, за миллиарды лет до появления человека природа уже освоила технологию, над реализацией которой в середине XX в. билась лучшие умы планеты» (Анисичкин В.Ф., 2009).

«Распады радиоактивных элементов, как ^{238}U , ^{232}Th и другие, подогревают железное ядро Земли вот уже миллиарды лет, удерживая температуру в районе 6000 °С, частично компенсируя рассеяние первородного тепла Землей. Эта гипотеза подтверждена с высокой достоверностью (Nature 436, 499) в 2005 году в эксперименте коллаборации KamLAND по обнаруженному электронным антинейтрино, вызванные распадами ^{238}U , ^{232}Th из центра Земли. Модели состава Земли предполагают, что радиогенная мощность этих распадов составляет около 16 ТВт, что составляет примерно половину от общей измеренной скорости рассеивания тепла Землей» (С. Казарян, 2019).

«Есть среди химических элементов группа, у которой количество протонов, нейтронов и электронов увеличивается пропорционально. Это группа благородных газов: гелий, неон, аргон, криптон, ксенон, радон» (Феликс Горбачевич).

Криптон изначально не присутствует ни в одном организме и, следовательно, не является частью биологии любого организма.

«В 1977 г. установлено, что изотопные аномалии по Ne и Ne коррелируют с изотопными аномалиями по Ar, Kr и Xe» (Ю.Э. Шуколюков, РАН).

«Это четкое указание на то, что в глубокой мантии Земли есть небулярный неон. Учитывая, что он является маркером для других газов, необходимые для жизни вещества – водород, вода, углекислый газ и азот – накапливались одновременно» (Уимльяс Кертис).

Благородные газы образуются в земной коре и мантии, в процессе радиоактивного распада определенных элементов, таких как **уран и торий**. Эти радиоактивные элементы подвергаются ядерному распаду, испуская альфа- и бета-частицы, а также гамма-излучение. В рамках этого процесса распада, образуются изотопы благородных газа. Энергетическая подпитка системы способствует процессу формирования минерального сырья.

Выводы. Несмотря на многообразие углеводородов, элементарный состав нефти колеб-

Все находения связаны с нефтяными месторождениями и с углеводородными газами, их сопровождающими. Во всех месторождениях есть возможность констатировать или вблизи массивы более богатых рассеянными ураном и торием кислых, гранитных, пород или продуктов их разрушения — детритовых пород, которые могут явиться источником гелия.

В.И. Вернадский, 1934 о гелии.

летя в небольших пределах, что указывает на ее мантийное происхождение. Этот факт указывает на единый источник образования минерального сырья — ядро, мантия — источник энергии — экзотермическая ядерная реакция распада тория и урана. Волна энергии генерируется ядром и оболочкой D11. В каждой нефти есть гелий — образуется при распаде урана и тория. Энергия затрачивается на синтез метана и нефти и не только, происходит процесс структурно-вещественного преобразования тектоносферы на атомарном уровне.

Характеристика и элементный состав некоторых нефтей

Экспериментальное определение элементного состава нефти основано на сжигании навески нефти и анализе состава продуктов горения химическими, спектральными и др. методами.

PM — примитивная мантия (на время 4.5 млрд. лет, состав: углистые хондриты) — граница: внешнее ядро — нижняя мантия, гелий.

«Зона ядра Земли — реакции ядерного распада». В самом центре ядра планеты происходят реакции ядерного распада. Она происходит сле-

Таблица 1.

Характеристика и элементный состав некоторых нефтей.

Нефть	Содержание, %								
	M	r204	C	H	S	O	N	Смолы	Асфальтены
Каменноложская	210	0,8110	85,52	13,34	0,63	0,39	0,09	5,18	0
Осиновская	274	0,8719	84,01	12,48	2,30	0,97	0,24	10,83	1,90
Туймазинская	235	0,8560	85,55	12,70	1,44	0,15	0,14	9,60	3,40
Арланская	-	0,8918	84,42	12,15	3,04	0,06	0,33	16,60	5,80
Ромашкинская (пашинский горизонт)	232	0,8620	85,13	13,00	1,61	0,09	0,17	10,24	4,00
Ромашкинская (угленосный горизонт)	300	0,8909	84,33	11,93	3,50	0,04	0,20	14,00	5,20 !?
Мухановская	215	0,8404	85,08	13,31	1,30	0,21	0,09	8,96	3,80
Жирновская	245	0,8876	86,10	13,44	0,23	0,17	0,06	4,70	0,60
Сураханская	240	0,8488	85,90	13,40	0,13	0,52	0,05	2,00	0
Сураханская (масляная)	267	0,8956	86,70	12,50	0,20	0,26	0,14	9,00	0
Балаханская (масляная)	246	0,8760	86,60	12,70	0,19	0,42	0,09	8,00	0,01
Долинская	206	0,8476	84,40	14,50	0,20	0,72	0,18	14,30	0,64
Котуртепинская	293	0,8580	86,12	13,19	0,27	0,28	0,14	6,40	0,73
Прорвинская	282	0,8703	86,17	12,37	1,25	0,13	0,08	6,00	2,19
Усть-балыкская	284	0,8704	85,37	12,69	1,53	0,22	0,19	11,10	2,30
Самотлорская	194	0,8426	86,23	12,79	0,63	0,25	0,10	10,03	1,36
Марковская	-	0,7205	83,60	16,12	0,04	0,23	0,01	0,70	0
Уч-кызылская	-	0,9620	-	-	6,32	-	0,82	34,80	3,90

Таблица 2.

Экспериментальное определение элементного состава нефти.

	3He/ 4He(10 ⁻⁶)	40Ar/36Ar	87Sr/ 86Sr	143Nd/144Nd	206Pb/204Pb	Источник
PM	143	0.0001	0.699	0.50660	9.31	O'Nions,1984
BSE	>24		0.7047	0.512638		O'Nions,1984

дующим образом – тяжёлые и сверхтяжёлые элементы (которые образуются в зоне ядерного синтеза), так как обладают большей массой, чем все стальные элементы, как бы тонут в жидкой плазме, и постепенно погружаются в самый центр ядра планеты, где они набирают критическую массу и вступают в реакцию ядерного распада с выделением большого количества энергии и продуктов распада ядер. В этой зоне тяжёлые элементы делятся до состояния элементарных атомов – атома водорода, нейтронов, протонов, электронов и других элементарных частиц. Эти элементарные атомы и частицы, вследствие выделения большой энергии с большими скоростями, разлетаются от центра ядра к его периферии, где и вступают в реакцию ядерного синтеза.

Зона ядра Земли – реакции ядерного синтеза. Элементарные атомы водорода и элементарные частицы, которые образуются вследствие реакции ядерного распада в центре ядра Земли, достигают внешней твёрдой оболочки ядра, где в непосредственной близости от неё, в слое, расположенном под твёрдой оболочкой, происходят реакции ядерного синтеза. Протоны, электроны и элементарные атомы, разогнанные до больших скоростей реакцией ядерного распада в центре ядра планеты, встречаются с различными атомами, которые находятся на периферии» (Кочевник).

«Под воздействием высокого давления соединения водорода и углерода, при давлении более 100 гигапаскалей (ГПа), водород и углерод образует соединение, известное как метан.

Вид соединения – Температура (°C)

Метан (CH₄) – ~1000

Газообразный гидрокарбон – Комнатная температура

Этилен (C₂H₄) – Выше 1000

Этанол (C₂H₆O) – 300-400.

Отметим, что:

«Давление: в интервале глубин 0-1250 км изменяется в пределах 0-50 Гпа; далее до границы мантия-ядро давление возрастает до 140 Гпа; на границе внешнее ядро-внутреннее ядро (5200 км) достигает 325 Гпа; на глубине – 5500 км – 350 Гпа, продолжая расти к центру Земли.

Изменение температуры:

На уровне 410 км – 2000° K; на 670 км – 2200° K; на границе мантия – ядро 2900 км. – 3000° K; на границе внешнего и внутреннего ядра – 5300° K, в центре Земли – 6000° K. То-есть, в подошве верхней мантии (670 км) температура в 1,4 раза ниже, чем на границе мантия – ядро – 2900 км., а давление меньше в 4,5 раза» (Ю.М. Пушаровский).

Обнаружение сложных углеводородов на других планетах позволяет в ином ракурсе посмотреть на проблему происхождения нефти. Обилию углеводородов на небесных телах удивляться не приходится: и водород и углерод относятся к числу самых распространенных элементов Вселенной. И действительно, углеводороды, эти непосредственные слагаемые нефти, обнаружили не только на планетах, но и в кометных хвостах, и в веществе метеоритов, в атмосферах холодных звезд, и просто в межзвездном пространстве. ❀

Литература

1. Устьянцев В.Н. Энергетика, дегазация планет Солнечной системы. Планеты и Солнце как стационарные энергетические центры Тяжелые элементы и водород, благородные газы как показатели происхождения минерального сырья Часть 2. 2023. ISBN 978-5-00227-119-1.
2. Устьянцев в.н. Энергетика, дегазация планет Солнечной системы Планеты и Солнце как стационарные энергетические центры. Благородные газы, тяжелые элементы и водород как показатели происхождения углеводородов., 2015 ISBN 978-5-00227-081-1
3. Устьянцев В.Н. Энергетика, дегазация автоколебательной системы Земли. О едином волновом механизме структурообразования и генерации минералогических ассоциаций в блоках земной коры. ISBN: 978-5-02-040199-0, Москва, Издательство Наука, 2019.
4. Устьянцев В.Н. Матрица автоколебательной системы Земли и происхождение нефти Год: 2021 Издательство: ФГУП «Издательство «Наука», Объем страниц: 375, ISBN: 978-5-02-040821-0.
5. Устьянцев В.Н. О едином механизме структурообразования М., МГУ, сайт «Все о геологии», 2007.

UDC: 55

V.N. Ustyantsev, uvn_50@mail.ru

ENERGY OF SYNTHESIS OF MINERAL RAW MATERIALS

Abstract: Research has been conducted on the energy of synthesis of mineral raw materials, the role of uranium, thorium and noble gases has been revealed.

Keywords: outer and inner core of the Earth, mantle, Earth's crust.



ООО «Майнинг Технолоджи»

Новый формат изучения, проектирования, строительства и освоения месторождений полезных ископаемых

- ✓ Горно-геологический аудит
- ✓ Технико-технологическая диагностика
- ✓ Моделирование и проектирование
- ✓ Сопровождение проектов освоения месторождения
- ✓ Стратегическое планирование бизнеса
- ✓ Инвестиционный анализ
- ✓ Технико-экономическое обоснование
- ✓ Экологическая оценка рисков

РЕКЛАМА

@ post@miningtech.pro

+7-926-950-0092



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)