

№5 (97) октябрь 2022

# НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

ВЕК

## НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ЕАЭС ГАРМОНИЗАЦИЯ СТАНДАРТОВ

ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
УГЛЕВОДОРОДНОЕ СЫРЬЕ  
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ



Для получения доступа ко всем  
выпускам журнала сканируйте QR-код  
или перейдите по ссылке  
[nedra21.ru](http://nedra21.ru)



# НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

## XXI ВЕК

### Научно-технический журнал

Nedropolzovanie XXI vek

Межотраслевой  
научно-технический журнал

12+

№ 5 октябрь 2022

Издаётся 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.fcip.ru](http://www.fcip.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 ИПНЗ, канд. геол.-мин. наук, профессор,  
академик РАН  
А.Н. Дмитриевский, академик РАН, д-р геол.-минерал. наук  
И.С. Закиров, председатель совета директоров ООО «ПЕТЕК»  
Е.И. Петров, руководитель Федерального агентства по недропользованию  
О.С. Каспаров, заместитель руководителя Федерального агентства по  
недропользованию  
А.В. Третьяков, директор АООН «НАЭН»  
С.Г. Кашуба, председатель НП «Союз золотопромышленников»  
А.Э. Конторович, академик РАН, д-р геол.-минерал. наук  
М.Ф. Корнилов, генеральный директор ООО «Новая сырьевая компания»  
Дэвид МакДональд, вице-президент по запасам British Petroleum, Председатель  
экспертной группы по ресурсным классификациям (EGRC) при ЕЭК ООН  
П.Н. Мельников, генеральный директор ФБУ «ВНИГНИ», канд. геол.-минерал. наук  
С.М. 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  
«Росгеоэкспертиза», канд. юрид. наук, заместитель главного редактора  
А.В. Пак, заместитель генерального директора ООО «Интернедра Менеджмент»  
(управляющая компания ЗАО «ОГК Групп» и дочерних обществ)  
К.Н. Трубецкой, главный научный сотрудник УРАН ИПКОН РАН, академик РАН  
П.П. Повжик, заместитель генерального директора ПО «Беларуснефть»,  
канд. техн. наук

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

А.А. Герт, директор ООО «Сибирский НТЦ нефти и газа», д-р экон. наук, профессор  
А.И. Черных, генеральный директор ЦНИГРИ, канд. геол.-минерал. наук  
В.М. Аленичев, главный научный сотрудник Института горного дела УрО РАН,  
профессор, д-р техн. наук  
Т.В. Башлыкова, директор НВП Центр – 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 РАН  
В.М. Зувев, 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 ЦК  
Роснедра по 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 ВООГЕМ, заместитель директора по науке,  
канд. техн. наук, [lggt@mail.ru](mailto: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](mailto:lu24@goi.kolasc.net.ru)

Приволжский федеральный округ  
А.К. Вишняков, заведующий лабораторией ЦНИИГеонеруд, канд. геол.-мин. наук,  
[root@geolnerud.net](mailto:root@geolnerud.net), [Technology-geolnerud@yandex.ru](mailto: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](mailto:yug-ekspertiza@mail.ru)

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

Сибирский федеральный округ  
С.В. Костюченко, заместитель директора ООО СИАМ-Инжиниринг, д-р техн. наук,  
[KostuchenkoSV@siamoil.ru](mailto:KostuchenkoSV@siamoil.ru)

#### В зарубежных государствах

Австралийский Союз  
М.В. Середкин, ведущий геолог CSA Global, [Maxim.Seredkin@csaglobal.com](mailto:Maxim.Seredkin@csaglobal.com)

Азербайджанская республика  
И.С. Гулиев, вице-президент Национальной Академии наук  
Азербайджана, академик НАНА, [iguliyev@gia.az](mailto:iguliyev@gia.az), [ant@azdata.az](mailto: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](mailto:ichunuev@gmail.com)  
А.В. Ротальский, исполнительный директор Кыргызского общества экспертов недр  
О.В. Ким, управляющий директор Kazakhstan mineral company, канд. геол.-мин.  
наук, [okim@wkmk.kz](mailto:okim@wkmk.kz)

#### Республика Армения

Ю.А. Агабян, профессор Государственного инженерного университета  
Армении, д-р техн. наук, [aghabalyan@mail.ru](mailto:aghabalyan@mail.ru)

#### Республика Беларусь

Я.Г. Грибик, заведующий лабораторией геотектоники и геофизики Института  
природопользования НАН Беларуси, канд. геол.-мин. наук, [yaroslavgribik@tut.by](mailto:yaroslavgribik@tut.by)

#### Республика Казахстан

В.В. Данилов, технический директор Kazakhstan mineral company, [vdanilov@wkmk.kz](mailto:vdanilov@wkmk.kz)

#### РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

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

#### АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

#### Подписано в печать 18.11.2022

Формат 60х90/8, объем 19 п.л.  
Печать: ООО «Роликс»  
Заявленный тираж 5000 экз.  
Подписные индексы по каталогам:  
«Роспечать» – 81974, «Книга Сервис» – 86297  
«Недропользование XXI век», 2022.

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

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

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

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



## Уважаемые друзья!

Смещение полюсов мировой экономики и ресурсной составляющей факторов экономического роста в сторону многополярности и доминирования систем национальных экономик (читай – суверенных интересов каждой страны) над принципами космополитической экономики заставляют нас менять формат взаимоотношений в сфере недропользования. Это относится к вопросам применения технологий, технических средств, научно-производственных подходов и, самое главное – механизмов привлечения инвестиций.

Ключевым моментом в развитии и стабилизации развития мировой экономики в условиях многополярного мира, на наш взгляд, является доступность технологий, обмен опытом, гармонизация стандартов в сфере разведки, добычи и переработки полезных ископаемых – минерально-сырьевого базиса развития промышленности, а также всех отраслей и сфер деятельности современной цивилизации.

Излишне активная спекуляция идеями о «зеленых технологиях», возобновляемых источниках энергии завуалировала основные вопросы и проблемы развития энергетики и недропользования, стала инструментом манипуляций стратегическими интересами национальных экономик.

Активная работа стран участниц БРИКС, ШОС, ЕАЭС по гармоничному развитию многополярного мира заставляет взглянуть иначе на вопросы недропользования, гармонизировать межнациональные интересы, выстраивать новые подходы к организации сырьевых отношений и обеспечивающих их отраслей: машиностроение, химическую отрасль, фундаментальные научные разработки и пр. Очевидно, что необходимо активизировать межнациональные связи профильных государственных структур, общественных и производственных профессиональных объединений с целью интеграции в области недропользования. Здесь полезно вспомнить советский опыт ГКЗ, с непосредственным участием которой были организованы и методически оснащены аналогичные структуры в странах социалистического лагеря, некоторые из них действуют до сего времени.

Решая задачи обеспечения минерально-сырьевого сектора экономики знаниями, технологиями, современным оборудованием, мы начинаем обсуждать вопросы создания общего профессионального языка, выраженного гармонизированными стандартами, основанными на открытости, компетенциях и профессионализме участников.

Вопрос создания такого универсального языка, применение которого не будет стремиться к применению колониальных подходов к соседям, а будет строиться на партнерских принципах, является одним из приоритетов нашего журнала, всегда открытого к различным мнениям и подходам.

Приглашая всех специалистов обсуждать проблемы недропользования (не только национального, но и межнационального), используя принципы научного спора, мы закладываем прочный фундамент в развитие национальных экономик и общего интеграционного пространства.

Выступление Президента России на Валдайском клубе, обсуждение вопросов ноономики в Вольном экономическом обществе, Веронский Евразийский форум в Баку – связаны фундаментальной проблемой поиска общей новой системы мировых ценностей.

Создание этих ценностей, подобно Капиталу К. Маркса или Национальной системе политической экономики Ф. Листа, не только определяют, но и формируют базисные условия существования сырьевых отношений. Гармонизация этих отношений не на условиях космополитизма, а на условиях гармоничного взаимовыгодного сотрудничества, должна формироваться только профессиональными, компетентными отношениями и мнениями. Формировать эти мнения – наш с вами долг.

И снова наш журнал совместно с АООН «НАЭН», МОО «ОЭРН», МПР, Роснедра, ЕАЭС предлагает вам участвовать в обсуждении ключевых вопросов и выработке решений. Настоящее является фундаментом будущего!



С уважением, Д.Б. Бурдин



## ТЕМА НОМЕРА

# Недропользование на территории ЕАЭС

## Гармонизация стандартов

№5

октябрь  
2022**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВЗГЛЯД**

- 6 *П.Н. Завальный*  
Внешние вызовы требуют новых решений

**ТЕМА НОМЕРА**

- 12 «МИНГЕО Евразия»: «Инвестиционный вектор сдвигается на восток»

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ: ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА**

- 18 *В.С. Дадыкин, О.В. Дадыкина*  
Методические аспекты формирования геоонтологии для решения задач геолого-экономического мониторинга недропользования
- 22 *М.М. Шац*  
Геотехнологические условия недропользования на золоторудном Тарынском месторождении (Восточная Якутия)
- 28 *В.А. Агеев, О.С. Кравченко, Р.А. Старостин*  
Мелкомасштабное моделирование процесса растворения каменной соли при строительстве ПХГ

**32 НОВОСТИ****ГЛОБАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ**

- 44 *Г.М. Горкин, В.В. Фомина*  
Планирование в системе управления геологической компанией
- 52 *А.В. Третьяков*  
Геолого-экономический аудит в России

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ: СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА**

- 60 *И.Ю. Чернова, Д.К. Нурғалиев, О.В. Лунева, Р.В. Сахаутдинов, Д.М. Гилаев, М.Х. Рахматуллин*  
Результаты пространственно-временного анализа вертикальных движений земной поверхности по данным повторного нивелирования, выполненного на территории геодинамического полигона ПАО «Татнефть»
- 71 *В.Н. Устьянцев*  
Энергия рудообразования. Уран, гелий, водород как показатели процесса синтеза углеводородов

**ЭКОНОМИКА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

- 76 *Д.Б. Бурдин*  
Оценка георесурсного потенциала месторождения в призме выделения рентабельных (извлекаемых) запасов
- 82 *Ю.Г. Богаткина*  
Принципы построения и применения интеллектуальной экономической системы в недропользовании

**ЭКОЛОГИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

- 90 *В.Н. Комлев*  
Документы для ядерного могильника
- 97 *К.Н. Овчинников*  
Карбоновый след металлургической промышленности и обзор перспективных решений по ее декарбонизации в Китае, США и Германии
- 108 *А.П. Белоусова*  
Использование метода натурного подобию в гидрогеологических прогнозах на мелиоративных объектах



## ISSUE TOPIC

# Subsoil use on the territory of the EAEC

## Harmonization of standards

№5  
October  
2022

## STATE VIEW

6 *P.N. Zavalny*

External challenges require new solutions

## ISSUE TOPIC

12 «MINGEO Eurasia»: «The investment vector is shifting to the east»

## EARTH SCIENCES: MINING AND PROCESSING

18 *V.S. Dadykin, O.V. Dadykina*

Methodological aspects of the formation of gerontology for solving problems of geological and economic monitoring in subsoil use

22 *M.M. Shatz*

Environmental and technological conditions for the development of the gold ore taryn deposit (Eastern Yakutia)

28 *V.A. Ageenko, O.S. Kravchenko, R.A. Starostin*

Small-scale modeling of the process of dissolution of rock salt during the construction of UGS

## 32 NEWS

## GLOBAL MINING

48 *G.M. Gorkin, V.V. Fomina*

Planning in the management system of a geological company

52 *A.V. Tretyakov*

Geological and economic audit in Russia

## EARTH SCIENCES: COMMODITIES BASE AND GEO EXPLORATION

60 *I.Yu. Chernova, D.K. Nourgaliev, O.V. Luneva, R.V. Sahautdinov, D.M. Gilayev, M.H. Rahmatullin*

Releveling data in spatiotemporal analysis of vertical movements of the earth's surface within a geodynamic test site belonging to the PJSC TATNEFT

71 *V.N. Ustyantsev*

Energy of ore formation. Uranium, helium, hydrogen as indicators of the process of hydrocarbon synthesis

## MINING ECONOMY

76 *D.B. Burdin*

Assessment of the geo-resource potential of the deposit in the prism of allocation of profitable (recoverable) reserves

82 *Yu.G. Bogatkina*

Principles of construction and application of an intelligent economic system in subsoil use

## MINING ECOLOGY

90 *V.N. Komlev*

Documents for the nuclear repository

97 *K.N. Ovchinnikov*

The carbon footprint of the metallurgical industry and an overview of solutions for its decarbonization in China, the USA and Germany

108 *A.P. Belousova*

Use of the natural similarity method in hydrogeological forecasts on reclaim objects



# Russian Energy We 2022

**ЗАВАЛЬНЫЙ П.Н.**

*председатель комитета Государственной  
Думы по энергетике, президент Российского  
газового общества*

## ВНЕШНИЕ ВЫЗОВЫ ТРЕБУЮТ НОВЫХ РЕШЕНИЙ

*Интервью с Павлом Николаевичем Завальным, председателем комитета Государственной Думы по энергетике, президентом Российского газового общества.*

*Внешние вызовы ставят перед российской энергетикой новые проблемные задачи. Какие меры для решения этих задач предпринимает законодательная власть рассказывает в интервью нашему журналу председатель Комитета по энергетике ГД РФ П.Н. Завальный.*



***Нефтегазовая отрасль столкнулась с беспрецедентными вызовами. Какие меры приняты, какие следует принять для купирования негативных эффектов?***

Действительно, санкционное давление, с которым столкнулась Россия в уходящем году, является беспрецедентным. ТЭК как одна из главных опорных конструкций экономики страны стал первой и одной из основных мишеней. Но тут нельзя не процитировать известную мудрость: всё, что не убивает, делает нас сильнее.

Безусловно, в моменте санкции создали для отрасли много сложностей по всем направлениям, прежде всего, в части технологий и инвестиций. Все же российский ТЭК глубоко связан с мировым. Поэтому сегодня, например, приходится сдвигать многие высокотехнологичные и инвестиционные проекты в энергетике вправо, прилагать значительные усилия для обеспечения надёжного и стабильного функционирования отраслей, в том числе, и инструментами нормативного регулирования.

Правительство, Государственная Дума, наш комитет, провели эту работу оперативно. В частности, был принят Федеральный закон 127-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (в части установления особенностей правового регулирования отношений в сфере электроэнергетики, газоснабжения, теплоснабжения и водоснабжения (водоотведения) в 2022-2023 годах), направленный на сохранение объемов инвестпрограмм и повышение надежности энергоснабжения потребителей. Он позволил снизить нагрузку на компании в части штрафных санкций за несоблюдение по объективным причинам обязательств по оплате, срокам и техническим параметрам, принятых на себя участниками рынка и потребителями до начала кризиса.

Также был принят Федеральный закон «О внесении изменения в часть вторую Налогового кодекса Российской Федерации» (об отдельных мерах налоговой поддержки). Им изменяется порядок обложения НДС и НДСП.

В части НДС внесено изменение в статью 333.55 Налогового кодекса РФ, уточнившее порядок определения минимальной налоговой базы. Отменяется предусмотренное с 2024 года повышение значения удельных расходов, используемого при исчислении минимального НДС.

Также предусмотрено увеличение суммы налогового вычета по НДС при добыче нефти на участках недр, расположенных полностью в границах Нижневартовского района ХМАО – Югры, для поддержания уровня добычи нефти на обводненных месторождениях.

Решениями Правительства РФ был обеспечен доступ компаний ТЭК к кредитным ресурсам в необходимых объемах на приемлемых условиях. В список стратегических, системообразующих компаний вошли более 120 энергетических, они получили кредитную поддержку. Возможно, потребуются дальнейшая корректировка принятых решений по кредитной поддержке, расширение списков, принятие дополнительных мер с учетом будущих тарифных решений.

Безусловно, турбулентная, постоянно развивающаяся ситуация требует постоянной доработки антисанкционных мер. Она регулярно обсуждается на экспертных мероприятиях комитета.

На наш взгляд, части мер налоговой поддержки необходимы: использование для расчета налоговых платежей внутренних ценовых индикаторов и фактических цен реализации российских энергоносителей; сохранение рыночных принципов ценообразования при реализации нефти и нефтепродуктов на внутреннем рынке и на экспорт; расширение периметра применения НДС, в первую очередь, применительно к месторождениям сверхвязкой нефти и истощенным месторождениям Западной Сибири; и так далее.

В части снижения административной нагрузки на недропользователей имеет смысл рассмотреть возможность пересмотра обязательных требований административно-финансового характера в сфере экологического регулирования, промышленной безопасности и прочих регуляторных требований; продления действия срочных лицензий на геологическое изучение, предоставленных не позднее 01.03.2021, на 24 месяца; продления сроков исполнения предписаний, выданных Росприроднадзором в части исполнения лицензионных обязательств и требований проектной документации на геологоразведочные работы и разработку месторождений и введения моратория на два года на проведение плановых проверок Росприроднадзора по данной тематике.

***Какие актуальные проблемы импортозамещения ТЭК требуют первоочередного решения?***

Несмотря на то, что ТЭК начал серьезно заниматься импортозамещением еще в 2014г, после первой волны санкционных ограничений, по ряду направлений, таких как подводная шельфовая добыча, парогазовое оборудование для электрогенерации, горношахтное оборудование, производство крупнотоннажного СПГ и так далее, зависимость остается существенной. Собственно, именно по этим направлениям и требуется скорейшее импортозамещение. Но стратегически вопрос надо ставить по-другому.

Сейчас, под давлением беспрецедентных внешних обстоятельств ТЭК начал реальное движение к технологическому суверенитету, и мы должны его достичь. Это означает не только будущую независи-



мость от недружественных действий контрагентов, но и новые высокотехнологичные рабочие места, новые компетенции, задел для ускорения научно-технического и экономического развития страны. Нормативная база для этого подготовлена.

В октябре мы рассматривали вопросы импортозамещения на расширенном заседании комитета по энергетике. Сегодня программы импортозамещения работают системно, существует целый ряд эффективных инструментов. В рамках Постановлений Правительства РФ выделяются субсидии на НИОКР, реинжиниринг деталей и комплектующих, поставки пилотных партий продукции. Существуют буровые гранты, позволяющие возмещать затраты нефтесервисных компаний на модернизацию оборудования, СПИКи как инструменты налогового стимулирования. Фонд развития промышленности выделяет льготное кредитование.

Сегодня импортонезависимость нефтегазовой отрасли достигла 60%, выделено 30 млрд.руб. субсидий, создано 140 видов продуктов в рамках 170 проектов, в том числе, в сфере сжижения газа, гидроразрыва пласта, подводной добычи и так далее.

Импортонезависимость электроэнергетики составляет 78%, выделено 19 млрд. руб. субсидий, выпущено 100 видов продукции в рамках 60 проектов, в том числе, газовые турбины, оптические кабели, микротурбинные установки и так далее. В сфере ВИЭ и водородной энергетики выделено 8 млрд. руб. на 20 проектов, в их числе фотоэлектрические модули, оборудование для ветрогенерации, аккумуляторные технологии.

В связи с этим важно скорейшее развитие исследовательской базы – испытательных полигонов, центров, с тем, чтобы в промышленную эксплуатацию выходило только надежное и проверенное оборудование и компоненты. Нужна соответствующая нормативная база, в том числе, законодательное определение понятий инновации, технологического суверенитета. Также важно прописать регулирование взаимодействия с потенциальными иностранными партнерами с тем, чтобы впредь не допускать подобных санкционных ситуаций. Также важно создать некую площадку, «одно окно», где бы сами производители отечественного оборудования могли более активно продвигать свои разработки, взаимодействовать не только с потенциальными потребителями, но и между собой, с тем, и создавать единые стандарты совместимости оборудования.

### ***Почему Вы считаете приоритетом энергетической политики прорыв на восток?***

Мы с вами прямо сейчас переживаем, по сути, слом модели геополитического устройства мира, смену модели мировой экономики, центром которой перестает быть Европа и, условно, Запад, а акценты резко смещаются на Восток.

Для российской газовой отрасли форсирование этих процессов несёт серьезные риски. Так, по прогнозам РЭА, снижение экспорта газа до 2030 г. за счёт европейского направления может составить от 55 до 105 млрд. м<sup>3</sup>. Это – существенный вызов. Ответом может быть «прорыв на Восток» по нескольким направлениям.

Первое из направлений – диверсификация трубопроводного экспорта. Реализация проекта «Сила Сибири – 2» даст 50 млрд. м<sup>3</sup> экспорта с той же ресурсной базы, на которой строился экспорт в европейском направлении. В части нормативного обеспечения нужно создать условия для ускоренного развития газотранспортной инфраструктуры, в том числе за счет установления экономически обоснованных тарифов на транспортировку газа по газопроводам и его реализацию с учетом межтопливной конкуренции, а также разработки механизмов поддержки компаний, компенсирующих негативные эффекты от изменения условий на целевых рынках сбыта.

Требуется активное развитие СПГ. При этом важно объективно оценить технические и технологические возможности реализации российских СПГ-проектов с учетом санкционных осложнений, для минимизации рисков срыва проектов, ускорения технического перевооружения, фокусировки мер государственной поддержки СПГ-отрасли. Важно не просто выполнить целевые показатели – минимум 80 млн. т. СПГ к 2030 г, но постараться выйти на 120 млн. т. Рынок, с учётом и текущей ситуации, и перспектив развития, готов потребить такие объемы.

Для расширения внутреннего спроса на газ необходимо разработать экономическую модель и механизмы проведения социальной газификации с использованием сжиженных газов. Важно привлечь к участию в ней независимых производителей газа в регионах присутствия, например, Красноярском крае, Иркутской области, Якутии, обеспечить поставки газа в том числе, от инфраструктуры СПГ на Сахалине и Камчатке. Максимально возможная газификация даст до 30 млрд. м<sup>3</sup> дополнительного потребления газа внутри страны. Ещё 10-15 млрд. – потенциал замещения жидких моторных топлив сжатым и сжиженным газом.

Следующая задача, решение которой важно для преодоления нынешнего кризиса – ускоренное развитие крупных проектов в нефтегазохимии. Для их реализации нужны наличие и условия преиму-





щественного доступа к ресурсам углеводородов, ускоренное импортозамещение, переориентация логистики импорта технологий, оборудования и комплектующих в дружественных странах, соответствующая господдержка и нормативное обеспечение.

Не менее важно продолжать работу над достижением целевых показателей по развитию низкоуглеродной экономики, водородной энергетики, нормативное обеспечение и государственную поддержку этого направления. Метановодород для электроэнергетики, так называемый синий водород из природного газа для всех видов транспорта, имеют значительные перспективы, в том числе, с точки зрения снижения углеродного следа и повышения энергоэффективности российской экономики.

### **Каковы перспективы реализации проектов альтернативной газификации и производства малотоннажного СПГ?**

Как я уже сказал, расширение потребления газа на внутреннем рынке является одним из условий дальнейшего развития газовой отрасли страны в нынешней ситуации. Это позволит заместить часть объемов, выпадающих в связи с ожидающимся значительным сокращением экспорта на европейский рынок.

Для расширения внутреннего спроса на газ необходимо разработать экономическую модель и механизмы проведения социальной газификации с использованием сжиженных газов. Потенциальный спрос на СПГ для нужд газификации потребителей России оценивается в 2024 году в диапазоне 2,3-4,2 млрд. м<sup>3</sup>, а к 2035 году – 7,4-9,8 млрд. м<sup>3</sup>. Ещё 10-15 млрд. – потенциал замещения жидких моторных топлив сжатым и сжиженным газом. Ключевая роль в производстве СПГ для внутреннего рынка отводится малотоннажным проектам.

Объем производства СПГ в России составляет почти 30 млн т., из них малотоннажного – порядка 122 тыс. т., из которых 65% идет на экспорт, более 20% на газомоторное топливо, 14 – на нужды газоснабжения. В стране функционируют 10 малотоннажных СПГ-заводов, общей производительностью почти 200 тыс. тонн в год и фактической загрузкой порядка 60 %, при этом планируется к постройке (к 2035 году) еще около 30 заводов, и важно, в том числе за счёт создания нормативной базы так сконфигурировать рынок для этих заводов, чтобы их деятельность была рентабельной.

Конкурентным преимуществом малотоннажного производства СПГ является то, что такие поставки потенциально закрывают те рыночные ниши, которые крупнотоннажное производство и сетевой газ закрыть не могут, а именно наземный и водный транспорт, автономное газоснабжение; мобильная энергетика, в том числе плавучие электростанции.

СПГ практически не имеет ограничений по объему производства и может быть получен в любом месте, где есть природный газ или метан. Доставка СПГ осуществляется преимущественно в криогенных танк-контейнерах, позволяющих осуществлять мультимодальные перевозки разными видами транспорта и хранение. Технологии производства малотоннажного СПГ в России успешно освоены, серийное производство танк-контейнеров также возможно.

При этом высокие капитальные и операционные затраты, связанные с производством СПГ, отражаются на цене для конечных потребителей. Ориентировочно на выходе из завода цена СПГ составляет 17-20 тыс. руб. за 1000 м<sup>3</sup>. Поэтому в России на сегодня за счет СПГ газифицировано всего 7 населенных пунктов, 6 – в Пермском крае, 1 – в Свердловской области) и 1,5 тысячи квартир и домовладений. Очень сложно складывается экономическая модель.

Я убеждён, что сегодня жизненно необходимо расширять применение малотоннажного СПГ для нужд энергетики и транспорта. При этом, имея в виду, что газификация СПГ в действующей системе ценообразования на газ будет дороже, чем трубным газом, для соблюдения принципа социальной справедливости необходимо разработать специальную экономическую модель, меры господдержки, нормативную базу. Производство и доставка СПГ – не только энергообеспечение, это новые рабочие места, это возможности для малого бизнеса, это улучшение экологии населенных пунктов.

Минэнерго, другими ФОИВ и компаниями реализуется «дорожная карта» по развитию рынка малотоннажного СПГ и газомоторного топлива в Российской Федерации на период до 2025 года». Ее реализация позволит снизить капитальные затраты на строительство заводов мини-СПГ и объектов потребления по малотоннажному производству СПГ на 30 %.

Важным направлением развития СПГ газификации является формирование новых центров потребления газа на базе «якорных потребителей» (это котельные, небольшие промышленные потребители, транспорт), а также развитие сети Крио-АЗС и субсидирование строительства малотоннажных СПГ заводов. Это поможет обеспечить окупаемость малотоннажных заводов по производству СПГ и, как следствие, даст возможность для эффективного использования этого ресурса для газификации удаленных населенных пунктов.



Уже определены критерии отнесения СПГ-проектов к малотоннажным, дальнейшую работу по разработке нормативной базы министерство энергетики предлагает вести, в том числе, на площадке комитета Госдумы по энергетике и Российского газового общества.

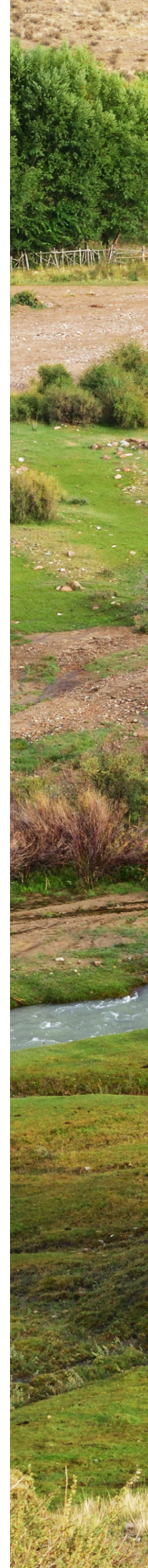
РГО подготовило пакет предложений, направленных на создание экономической модели альтернативной газификации. Среди них – разработка механизма социально ориентированного ценообразования на рынках СУГ и СПГ за счет регулирования цен и объемов СПГ и СУГ для целей социальной газификации или формирования цен по принципу «затраты плюс» и адресного субсидирования населения; реализация мер поддержки рынков СУГ и малотоннажного СПГ, включая упрощение получения технических условий на подключение к магистральным газовым сетям; выделение льготного финансирования на реализацию проектов СПГ; предоставление права экспорта СПГ, произведенного на малотоннажном заводе, при условии направления не менее 75% СПГ на внутренний рынок; внедрение механизма компенсации сезонной неравномерности потребления СПГ населением.

### ***Как формирование топливно-энергетических балансов может отразиться на развитии российской энергетики?***

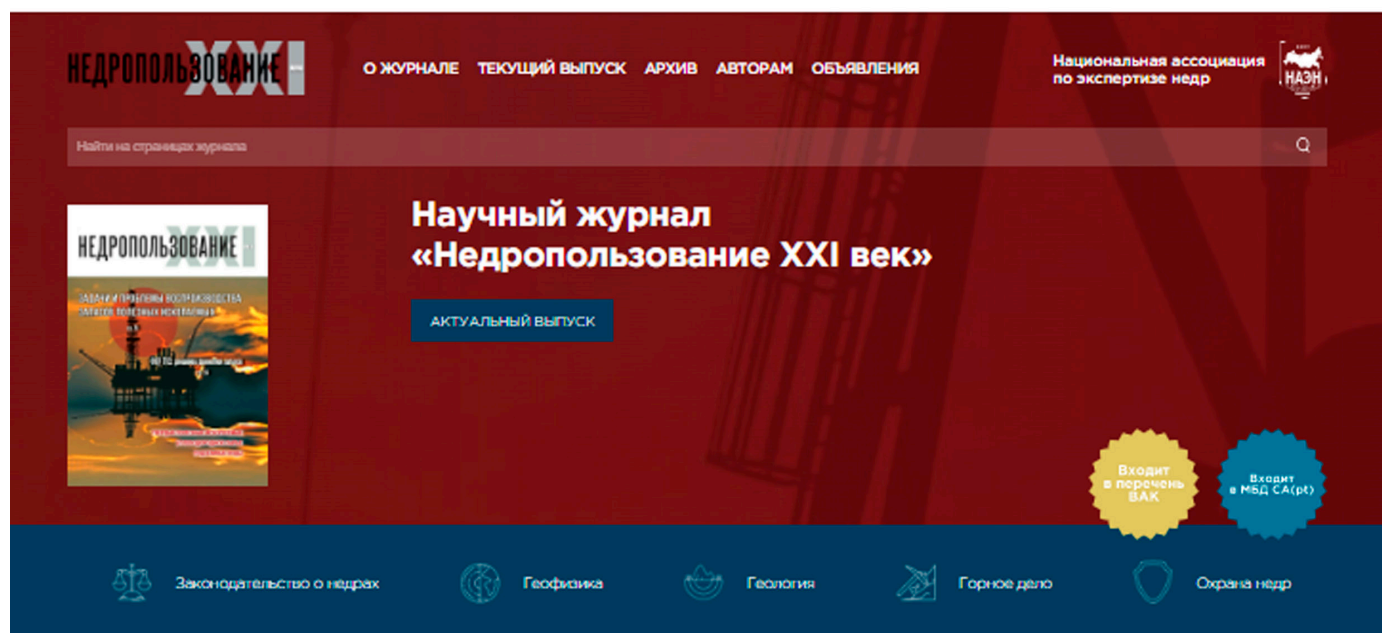
Принципиально. Без понимания потребности и эффективности производства и потребления энергоресурсов невозможно рациональное экономическое планирование ни на региональном уровне, ни в масштабах страны. То, что с начала 90х годов топливно-энергетические балансы были лишены статуса аналитических и прогнозных документов и стали просто статистическими, привело к многим негативным эффектам и с точки зрения энергобезопасности, и с точки зрения энергоэффективности российской экономики. Мы видим последствия – перекосы в электроэнергетической системе, избыточные мощности в одних регионах и недостаточные в других, сложности с газификацией, нерациональное размещение ВИЭ. У нас в принципе существует определенное рассогласование целей – документы стратегического планирования по отраслям, планы развития инфраструктуры, система ценообразования и региональные ТЭБ никак не увязаны между собой. Это приводит к большим диспропорциям.

Вопросы газификации связаны с вопросом составления текущих и перспективных топливно-энергетических балансов регионов напрямую. Необходимо понимание того, каким образом каждый субъект Федерации может обеспечить надёжное энергоснабжение с учётом всех доступных в нем видов топлива. Только так можно понять, какое место должна занять газификация в энергообеспечении каждого региона, каким способом она должна проводиться, за счёт каких источников финансирования. Именно разработка дорожной карты максимально возможной социальной газификации позволила вернуть ТЭБ столь важный статус прогнозных аналитических документов и ввести в критерии выбора модели энергоснабжения регионов межтопливную конкуренцию. Это принципиально важный критерий определения наиболее эффективного для конкретной территории вида топлива. Комитет Государственной Думы по энергетике долго боролся за появление этого критерия и я рад, что благодаря объединению усилий с комиссией Госсовета по энергетике вопрос был решен. **XXI**

*Интервью подготовил специальный корреспондент журнала в Госдуме РФ С.Е. Матвейчук*







#### О научном журнале

Научно-технический журнал для людей, углубленно интересующихся актуальными вопросами рационального недропользования.

Освещает актуальные проблемы законодательства, регулирующего отношения в сфере недропользования; отечественные и мировые стандарты оценки запасов и ресурсов полезных ископаемых; инновационные технические решения и новые технологии разведки и разработки месторождений; проблемы импортозамещения; дает анализ состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы России; демонстрирует тенденции на внутреннем и мировом рынках сырья.

[ПОДРОБНЕЕ](#)

#### ОБРАЩЕНИЕ главного редактора Д. Б. Бурдин

Добро пожаловать на сайт электронное издание научного журнала «Недропользование XXI век», учредителем которого является Ассоциация организаций в области недропользования "Национальная ассоциация по экспертизе недр".

[ЧИТАТЬ ДАЛЕЕ](#)



УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ОБНОВЛЕН САЙТ ЖУРНАЛА “НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ XXI”

ТЕПЕРЬ ВСЕ ВЫПУСКИ ЖУРНАЛА

МОЖНО НАЙТИ ПО АДРЕСУ:

**NEDRA21.RU**





КЫРГЫЗСТАН | 15-16  
ТЕМА НОМЕРА  
Иссык-Куль | СЕНТЯБРЯ

ЕВРАЗИЯ  
2022

## «МИНГЕО ЕВРАЗИЯ»: «ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ВЕКТОР СДВИГАЕТСЯ НА ВОСТОК»

*Завершил свою работу Первый международный горно-геологический форум «МИНГЕО Евразия». Он проходил 15-16 сентября 2022 года в Кыргызстане на озере Иссык-Куль.*

«МИНГЕО Евразия» в качестве логического продолжения и географического расширения повестки одного из главных событий в горно-геологической отрасли «МИНГЕО Сибирь», отметившего в этом году свой 15-летний юбилей, был посвящен перспективам минерально-сырьевой отрасли Евразийского макрорегиона в новых макроэкономических реалиях. В дискуссиях форума приняли участие ведущие специалисты из России, Монголии, Кыргызстана, Казахстана и Китая. За два дня форума в рамках главной темы – «Минеральные богатства Евразии: в движении к процветанию и прогрессу» – эксперты обсудили темы международной сертификации и гармонизации национальных и международных систем оценки ресурсов и запасов, проблемы профессионального образования и непрерыв-

ного повышения квалификации, юридические аспекты системы недропользования в странах Евразийского макрорегиона, а также важные и весьма актуальные вопросы цифровой трансформации минерально-сырьевой отрасли и перспективы инновационного недропользования в Евразии. Отдельные сессии, такие как «Глобальная Евразия – новые вызовы, новые открытия, новые месторождения. Проблемы изучения и освоения минерально-сырьевых ресурсов стран Евразийского макрорегиона» были посвящены обзорам и открытиям новых перспективных горно-рудных районов, рудных полей и новых месторождений и презентации технологических новинок отрасли, позволяющихкратно сократить время и человеческие ресурсы при поисках, в разведке новых месторождений ТПИ и изучении Земли.



Форум проходил в уже ставшем привычным гибридном формате. В Интернете транслировались все мероприятия Форума. Трансляция была подготовлена и осуществлена силами партнеров МИНГЕО Евразия – платформой «Геовебинары», постоянными пользователями которой являются около 4000 специалистов из 50 стран. Также цифровая составляющая форума МИНГЕО Евразия была дополнена виртуальной выставкой цифрового выставочного пространства Mining Web EXPO с участием отраслевых компаний – поставщиков оборудования и новых технологий.

Открыли мероприятие представитель оргкомитета форума, высокопоставленные чиновники и эксперты:

- **Игорь Свинтицкий**, директор-координатор форума и член общества экспертов по недропользованию, член комитета CRIRSCO;

- **Динара Кутманова**, министр природных ресурсов, экологии и технадзора Кыргызской республики;

- **Жолдош Мамбеталиев**, заместитель директора Департамента геологии и недропользования при Министерстве природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики;

- **Куанычбек Рисбаев**, заместитель председателя по обеспечению организационной деятельности ОАО «Кыргызалтын»;

- **Ишимбай Чунуев**, президент Кыргызского общества экспертов недр (КОЭН);

- **Георгий Фрейман**, председатель Профессионального общества независимых экспертов недр ПОНЭН (Казахстан);

- **Бат-Эрден Даш**, член комитета CRIRSCO, Монгольское общество экспертов (MPIGM);

- **Акылбек Маралбаев**, ректор Кыргызского государственного университета геологии, горного дела и освоения природных ресурсов им. академика Асаналиева;

- **Алексей Самсонов**, геологический факультет МГУ им. Ломоносова, замдиректора Института недропользования МГУ.

В своей приветственной речи **Игорь Свинтицкий** отметил, что турбулентные времена неизбежно приводят к глобальным изменениям в отрасли, а инвестиционный вектор на всех парусах движется на восток, открывая новые возможности взаимодействия на евразийском континенте. **Динара Кутманова**, министр природных ресурсов

и экологии Кыргызской республики, обозначив важность проведения профессионального диалога на столь высоком уровне, рассказала о приоритетных задачах в отрасли, среди которых – создание благоприятного инвестиционного климата и сохранение баланса между бизнес-целями и экологией Кыргызстана.

**Ишимбай Чунуев** подчеркнул, что Кыргызская республика занимает заметное место среди ведущих добывающих стран, таких как Россия, Монголия, Казахстан, Турция, Китай, Индия, и обратил внимание экспертов на важность и приоритетность вступления Кыргызстана в члены CRIRSCO в ближайшей перспективе, а также необходимости подготовки профессиональных кадров. Говоря о вопросах обучения и повышения квалификации кадров, как одной из наиболее острых проблем отрасли, **Георгий Фрейман** отметил важность участия профессионального сообщества и коллаборации с вузами, а также взаимодействие на уровне университетов и предприятий.

Весомую часть деловой программы составили доклады, посвященные вопросам **сертификации и взаимного признания экспертов-членов национальных профессиональных сообществ, гармонизации стандартов, законодательным инициативам** в странах Евразийского региона. Одним из них в рамках пленарной секции был доклад **Ишимбая Чунуева**, президента Кыргызского общества экспертов недр (КОЭН), о перспективах развития и повышения инвестиционной привлекательности горно-геологической отрасли Кыргызстана через внедрение Кодекса о Недрах («Горного кодекса»). Разработка нового закона о недропользовании, отвечающего современным экономическим задачам и поддерживающего стратегическое планирование, будет способствовать повышению инвестиционного потенциала отрасли и темпам прироста разведанных запасов полезных ископаемых. «Очень важно уделять внимание геологической съемке и решению поисковых задач на государственном уровне, геологической разведке, интенсивно развивая эту сферу деятельности. Ведь по состоянию на сегодняшний день разведанные на территории республики природные ресурсы могут считаться одними из самых минимальных в пересчете на душу населения во всей Евразии», – заметил президент КОЭН. Также, по мнению эксперта, важно изменить порядок





учета запасов, отталкиваясь не только от натуральных показателей (тонн, содержаний и т.д.), но и финансовых, как того требуют принципы инвестиционной оценки. Многим предприятиям Республики требуются новые стратегии развития комплексного освоения месторождений и дорожные карты в области освоения природных ресурсов и твердого минерального сырья, а также новые утвержденные методы проведения поисковых и геологоразведочных работ и горно-экономической оценки проектов, которые должны опираться уже на новый Кодекс о Недрах.

Говоря о законодательных инициативах в сфере недропользования Кыргызской республики, замдиректора Департамента геологии и недропользования при Министерстве природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики Жолдош Мамбеталиев подчеркнул, что основной проблемой отрасли является зарегулированность и низкие темпы привлечения инвесторов, хотя позитивные изменения уже имеются – отрасль активно реформируется. Между тем инвестиционный потенциал горнодобывающей отрасли Киргизии очень высок – это 12 месторождений железа, 2 месторождения алюминия, 29 месторождений меди, 27 месторождений свинца и цинка, 14 олова, 20 вольфрама, 18 молибдена, 29 ртути, 33 сурьмы, 11 редких земель, 70 золота, 37 серебра.

Генеральный директор Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых **Игорь Шпуров** в своем докладе подчеркнул важность международного сотрудничества в целях устойчивого развития всех стран региона. «Для обеспечения 30-процентного роста энергопотребления в 2050 году придется увеличить добычу газа и угля на 30-35%, а также целого ряда минералов, таких как литий, графит, кобальт и др., запасы которых еще нужно разведать и оценить. Новая международная система аудита запасов полезных ископаемых, базирующаяся на национальных подходах к оценке и международных стандартах ООН, предполагает максимальное

сохранение суверенитета стран в управлении ресурсами и откроет доступ к международным финансовым структурам», – заключил эксперт.

Заместитель директора ФГКУ «Росгеолэкспертиза» **Денис Никишин**, рассказывая о последних изменениях нормативно-правового регулирования недропользования на российской территории Евразийского макрорегиона, отметил, что проведенные за год работы по усовершенствованию законодательства о недрах является крупнейшей реформой за 20 лет. В результате было принято порядка 40 нормативно-правовых актов в целях снижения административных барьеров и сформирована цифровая система в сфере недропользования, в рамках которой работает оформление электронной лицензии и появилась процедура доработки заявки на получение участка на недропользование без их возврата.

**Георгий Фрейман**, председатель Професионального общества независимых экспертов недр ПОНЭН (Казахстан), описывая ситуацию с внедрением в Казахстане национального кодекса семейства CRIRSCO – кодекса KAZRC о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и минеральных запасах, сделал акцент на возникшей этической проблеме: «Исполком ПОНЭН в 2019 году выпустил «Порядок учета отчетов KAZRC», в котором допустил грубейшую ошибку, предусмотрев (по аналогии с отчетами ГКЗ) утверждение отчетов KAZRC недропользователем, что является недопустимым в связи с прямым конфликтом. Компетентное лицо – не может быть и автором отчета, и аудитором. На лицо явный конфликт интересов, отметил Георгий Фрейман, должна быть соблюдена абсолютно независимая позиция эксперта. Сегодня разработано «Методическое руководство по подготовке отчетов KAZRC», в котором эта ошибка исключена». Также в докладе эксперт привел в пример зарубежный опыт перекрестной проверки отчетов – в ЮАР, Канаде, Австралии.

**Аркадий Рогальский**, исполнительный директор Общественного объединения «Кыргыз





ское Общество Экспертов Недр», представил доклад с текущим статусом имплементации института компетентных лиц Кыргызской Республики в виде КОЭН как составного элемента внедрения международных стандартов отчетности о результатах геологоразведки, оценки ресурсов и подсчета запасов твердых полезных ископаемых на основании шаблона CRYRSCO в виде Национального кодекса KygRC. В докладе отмечены учредители общества и текущие условия членства по категориям. Освещены дисциплинарные меры и требования к экспертам КОЭН. Кроме того, изложены 16 требований от членов Совета CRYRSCO по изменению представленных документов от Кыргызстана для признания в качестве полноправных членов Совета.

**Бакыт Кожогулов**, директор ПИЦ «Кен-Тоо» представил опыт применения стандартов CRYRSCO на территории Кыргызской Республики и показал, что никакой разницы в понимании геологического строения и оценки запасов между применением той или иной системы нет. Разница появляется только при эконометрической оценке долговременных рисков того или иного горнорудного проекта.

**Андрей Третьяков**, директор Национальной ассоциации по экспертизе недр (НАЭН) в своем докладе подчеркнул весомую роль горно-экономического аудита – независимой проверки технологических решений – в стратегии развития минерально-сырьевой базы региона и повышении его инвестиционной привлекательности. С его помощью инвесторы получают оценку рисков проекта, определяют доходность и объем инвестиций. «Россия станет первой страной, предпринявшей ряд шагов для суверенитета в сфере горно-экономического аудита – это стратегическое достижение», – отметил эксперт.

Тематический кластер, посвященный вопросам **подготовки кадров и повышения квалификации**, стартовал с подписания меморандума между Министерством природных ресурсов Кыргызстана и геологическим факультетом МГУ им. Ломоносова. Участники подписания выра-

зили надежду на плодотворное сотрудничество по профессиональной переподготовке кадров и восстановление связей, которые за последние 30 лет вынужденно прервались.

Рассказав об экосистеме инженерного вуза, **Александр Паршин**, научный руководитель Сибирской школы геонаук Иркутского национального исследовательского технического университета, подробно познакомил слушателей с методами и технологиями ускоренных геолого-поисковых проектов «одного полевого сезона». «Практика показывает, что ориентироваться на запросы компаний бессмысленно, важнее просто готовить хороших инженеров и специалистов. Решающую роль в подготовке профессионалов играют оригинальные разработки, на которых базируются геологические работы, и особый подход к подготовке квалифицированных специалистов. Совокупность этих и других факторов позволяет предлагать оригинальные бизнес-модели и делать рентабельные проекты в сжатые сроки», – резюмировал Александр Паршин.

С особенностями обучения международным стандартам отраслевых специалистов в Казахстане познакомил **Александр Кузнецов**, руководитель комиссии по обучению в ПОНЭН, главный геолог TOO GeoMineProject. По его словам, в период пандемии онлайн-семинары показали низкую эффективность обучения – это связано с тем, что в процессе обучения рассматривается много сложных терминологических и практических вопросов, которые лучше усваиваются в офлайн-формате, т.е. при реальном участии.

**Денис Бурдин**, как представитель Центральной комиссии по разработке месторождений, совершив исторический экскурс по системам оценки результатов геологоразведочных работ, обозначил единую цель развития экспертных систем – достоверность при оценке состояния георесурсной системы, соблюдение национальных интересов и повышение инвестиционной привлекательности.

Отдельный блок докладов затронул **цифровизацию отрасли и инновационные технологии**





геологического изучения недр. **Виктор Снежко**, директор Центра информационных технологий РГМ ВСЕГЕИ, познакомил профессиональное сообщество с цифровым двойником – ГИС атлас «Недра России» – новой технологией представления результатов геологического изучения и воспроизводства минерально-сырьевой базы Российской Федерации, позволяющей объединить геологические данные государственных информационных систем и специализированных информационных ресурсов Роснедра в единую динамически обновляемую модель. «Цифровой двойник – самый крупный открытый геолого-картографический интернет ресурс, охватывающий всю территорию России, для работы с ним не требуется установки дополнительного программного обеспечения», – отметил эксперт.

**Игорь Спиридонов**, генеральный директор ФГБУ «ИМГРЭ», рассказал о процессе создания геохимических карт приграничных территорий государств Евразийского макрорегиона. Все геохимические карты территории РФ в масштабе 1:2500000 представляют собой цифровую ГИС-модель, выполненную на единой топографической основе. Проводимая в институте работа, в том числе вместе с коллегами из Геологической службы Китая по геохимическому картированию, способствует повышению инвестиционной привлекательности трансграничных аномальных геохимических площадей.

Выступление **Егора Юона**, заместителя генерального директора ФГБУ «Росгеолфонд», было посвящено внедрению и развитию цифровых технологий ФГБУ «Росгеолфонд» для обеспечения цифровой трансформации отрасли. Эксперт отметил важность перехода от геологических документов к структурированным массивам данных в целях создания единого цифрового пространства, где не только будет храниться информация о недрах, но и будут сформирова-

ны инструменты бизнес-аналитики, проведения конкурсов и аукционов на право пользования недрами и мониторингом выполнения обязательств лицензиатами. Для этого еще предстоит унифицировать форматы предоставления геологической информации и внедрить технологии ИИ для ее обработки, а также создать надежную сеть отраслевых дата-центров.

О цифровых решениях для горнодобывающей отрасли на примере месторождения Кумтор рассказала **Батгэрэл Баттушиг**, главный геолог компании TRIGTEQ (Монголия). Благодаря наличию собственных цифровых продуктов, предназначенных для геологического моделирования, сбора и анализа геоданных, недропользователю удалось существенно сэкономить время и средства при разработке объекта.

**Мария Мошкова**, заместитель гендиректора ГК «АНАКОН», продемонстрировала преимущества Orbis – оборудования нового поколения для пробоподготовки: дробильных машин и мельниц.

**Юрий Подмогов**, главный геофизик компании «Геотехнологии», познакомил с возможностями аэрогеофизического комплекса «Экватор» при решении рудных и гидрогеологических задач. Этот высокоточный прибор для изучения отложений с магнитометром способен выполнять задачи на скорости вертолета 90-100 км/ч. Новые возможности в аэрогеофизике представил Алексей Трусов, начальник отдела геолого-геофизического моделирования ГНПП «Аэрогеофизика». Такие методы исследования бесценны при работе в труднодоступных районах, для проведения комплексных исследований, а также для локализации перспективных аномалий.

**Ростислав Билик**, генеральный директор «АГР Софтвар», рассказал о преимуществах системы АГР – программно-аппаратного комплекса с полным циклом формирования электронной документации горных выработок и сбора данных для геолого-математического моделирования месторождений. Он отметил, что вся отчетная документация готовится исключительно в автоматическом режиме, что позволяет оптимизировать работу геологов.

Доклад **Анны Курбатовой**, директора по качеству группы компаний «Сибгеоконсалтинг», был посвящен геологоразведочному сервису и научно-методическому сопровождению геологоразведочных работ. Направления деятельности охватывают все виды геологоразведочных работ – от поисков, оценки запасов, разведочной стадии, экспертизы месторождений и проектов до геологического аудита и пробоподготовки. За 15 лет работы группа компаний выполнила порядка 200 проектов, поставив на баланс около 650 тонн золота, 10.7 тыс. тонн меди, 278





тыс. тонн молибдена и т.д. В этом году удалось реализовать первый зарубежный проект – геотехнические исследования на месторождении Ункурташ в Киргизии, где было задокументировано около 6 тыс. погонных метров керна.

Несколько докладов были посвящены **обзорам месторождений**. **Бат-Эрден Даш**, представитель Монголии в международном комитете CRIRSCO, рассказал о минеральной промышленности Монголии с ретроспективой в историю развития горной отрасли. По словам специалиста, минеральная промышленность играет ведущую роль в экономике страны: «ВВП Монголии состоит из 19 отраслей, из которых наиболее значимыми являются горная промышленность, торговля, агропром, обрабатывающая промышленность. В год добывается порядка 50 млн тонн угля, 80% идет на экспорт, в основном в Китай». Он также отметил инвестиционный потенциал для зарубежных инвесторов, доля которых в геолого-разведке и разработке достаточно высока. Его коллега Ч. Энх-Амгаланц из Общества монгольских геологов-производственников «Жем Проспекторс» представил панораму месторождений золота Монголии: «На территории страны 12 рудных районов и более 1400 месторождений. Одно из крупных – Хан Алтай, где разведанные запасы составляют 40 тонн золота, согласно прогнозам, можно ожидать более 100 тонн», в конце выступления заметив, что Монголия – уже давно перестала быть страной кочевников.

В завершение форума участники подвели итоги основной программы Форума и отметили важность проведения такого рода мероприятий для развития минерально-сырьевой индустрии Евразии. Обсудили различные варианты и места проведения МИНГЕО Евразия в следующем году, а также важные темы, которые следует активно обсуждать на таком важном мероприятии.

17 сентября для желающих было организована экскурсия в Семеновское ущелье, расположенное на северном берегу Иссык-Куля в 40 км на восток от г. Чолпон-Ата. Протяженность ущелья — около 30 км. По дну ущелья течет бурная горная река Ак-Суу с чистой ледниковой водой, а на склонах возвышаются величественные Тяньшанские ели. В весенний и летний периоды чистый горный воздух наполнен ароматами высокогорных трав. Семёновское ущелье является одной из достопримечательностей Кыргызской Республики и входит в число обязательных экскурсий для туристов, отдыхающих на Иссык-Куле. Летом здесь устанавливают юрты, где все желающие могут отведать блюда кыргызской национальной кухни. Для любителей верховой езды организуются конные прогулки по ущелью. В 2014, 2016 и 2018 годах в ущелье проводились несколько мероприятий в рамках Всемирных игр кочевников.

Незабываемой частью Горно-геологического форума МИНГЕО ЕВРАЗИЯ было посещение высокогорного месторождения Кумтор, которое организовано специально для участников, несмотря на запрет экскурсий на месторождение, исходя из признательности к организаторам Форума со стороны руководства страны. Кумтор крупнейшее высокогорное золоторудное месторождение Центральной Азии, расположенное в Иссык-Кульской области Кыргызской Республики на расстоянии 350 км от Бишкека, на 60 км южнее озера Иссык-Куль, в 60 км от границы с Китаем. Расположенный в горной системе Тяньшань, на высоте более 4000 метров над уровнем моря, рудник выпускает золото с 1997 года и к 30 июня 2022 года произведено более 13,8 миллионов унций или 430 тонн золота. В настоящее время управляется 100% государственной компанией Кыргызской Республики – ЗАО «Кумтор Голд Компани».

На завершающем торжественном гала-ужине состоялось вручение памятных знаков, именных почетных дипломов, благодарностей и приза за лучший доклад (по многочисленным голосам и откликам участников Форума им стал **Бат-Эрден Даш**, член комитета CRIRSCO, Монгольское общество экспертов (MPIGM)).

**Международный горно-геологический бизнес-форум «МИНГЕО Евразия 2022»** – это уникальная площадка для обмена опытом и широкого обсуждения участниками проблем недропользования в странах Евразийского макрорегиона, знакомства персонала горных и геологоразведочных компаний с современными инновационными технологиями в горном бизнесе, финансово-экономическими инструментами и с изменениями международного законодательства, а также способствует повышению инвестиционной привлекательности недр Евразии.

Официальный сайт: <https://mingeo-eurasia.com/>

**Mining Web Expo** – набор лэндингов, где собрана вся информация об экспоненте и его возможностях, уникальных разработках, оборудовании или технологиях, услугах или специализированном сервисе. Здесь компании размещают свои онлайн-стенды с видеопрезентациями, буклетами, контактами руководителей направлений, различными современными формами обратной связи и т.д. Платформа дает экспонентам широкие возможности для получения обратной связи: компании видят, кто заходил на стенд, какими продуктами интересовались, какую обратную связь оставил посетитель, и могут связаться с возможными клиентами для продолжения сотрудничества.

<https://miningweb.ru/>





**Дадыкин В.С.**

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



**Дадыкина О.В.**

к.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», доцент кафедры «Цифровая экономика»  
atamanova\_281287@mail.ru

# МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕООНТОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

*Формирование геоонтологии, применительно к объектам минерально-сырьевой базы необходимо реализовывать с привязкой к таксономическим единицам территории. Это позволит в процессе моделирования геолого-экономических моделей освоения объектов минерально-сырьевой базы учитывать специфику региональных условий работы недропользователей и ресурсные возможности. В то же время для решения задач геолого-экономического мониторинга требуется формирование онтологической модели, содержащей привязку объектов к таксономическим единицам. Методические аспекты, рассмотренные в данной статье, могут быть использованы для моделирования онтологии геологических информационных ресурсов.*

**Ключевые слова:** онтологический инжиниринг, цифровизация в геологии, тезаурус, геолого-экономический мониторинг.

Актуальность формирования онтологической модели мониторинга состояния минерально-сырьевой базы напрямую связана с необходимостью бесперебойного обеспечения горнодобывающей промышленности продукцией геологоразведочного производства. Специфика геологоразведочного производства состоит в значительной временной продолжительности этапов геологоразведочного производства и в вероятностном формировании результатов геологоразведочных работ. В некоторых случаях от момента выявления потребности у предприятия в поисковом заделе до разведки запасов промышленных категорий потребуется 5-7 лет и более. В связи с этим поисковый задел необходимо формировать заблаговременно, прежде чем возникнет дефицит запасов промышленных

категорий. Именно поэтому необходимость в системе мониторинга состояния минерально-сырьевой базы имеет важное значение [1-3].

В то же время следует отметить значительную сложность в формировании комплексной системы мониторинга минерально-сырьевой базы ввиду специфики учёта и анализа минеральных ресурсов. Приращение информации об объектах недр происходит в том числе путём сдачи предприятиями-недропользователями форм обязательной статистической отчётности и отчётов о проведённых геологоразведочных работах, причём последние сдаются с определённой задержкой.

Имеющиеся профильные информационные ресурсы по геологии и недропользованию изначально ориентированы на задачу сбора геолого-экономической информации и предоставления



доступа к ней для удовлетворения оперативных информационных потребностей. В то время как задачу анализа геологической информации, например, с экономической точки зрения для потенциальных инвесторов и действующих недропользователей, изначально при проектировании информационной системы не ставили [5].

Нами предлагается формирование геоонтологии как инструмента для решения задач геолого-экономического мониторинга. Под геолого-экономическим мониторингом в данном контексте нами понимается постоянно действующая система сбора и анализа геолого-экономических показателей для решения задач в сфере управления недропользованием. Применение онтологического подхода связано с необходимостью учёта в процессе работы значительного количества факторов при принятии решений по вопросам недропользования.

Выбор использования редактора «Protégé» для построения онтологий обусловлен обеспече-

нием целостного подхода к процессу формирования расчётной модели, возможностью сохранения свойств массивов данных в формате XML для загрузки их в отраслевые информационные системы, а также возможностью достижения: системности (визуально определяются функциональные связи элементов расчётной модели); единообразия (реальные и абстрактные элементы расчётной модели гармонично соседствуют в одной модели); комплексности (построение онтологии позволяет восстановить недостающие логические связи) [6].

С целью построения базы знаний на основе рассмотренной ранее базы данных [4], создадим классы. Для создания отношений между классами предметной области необходимо воспользоваться вкладкой «Object properties».

Результаты описания свойств-отношений классов предметной области показаны на **рис. 1-3**.

Создание и редактирование свойств-данных необходимо производить на вкладке «Data properties» (**рис. 4**).

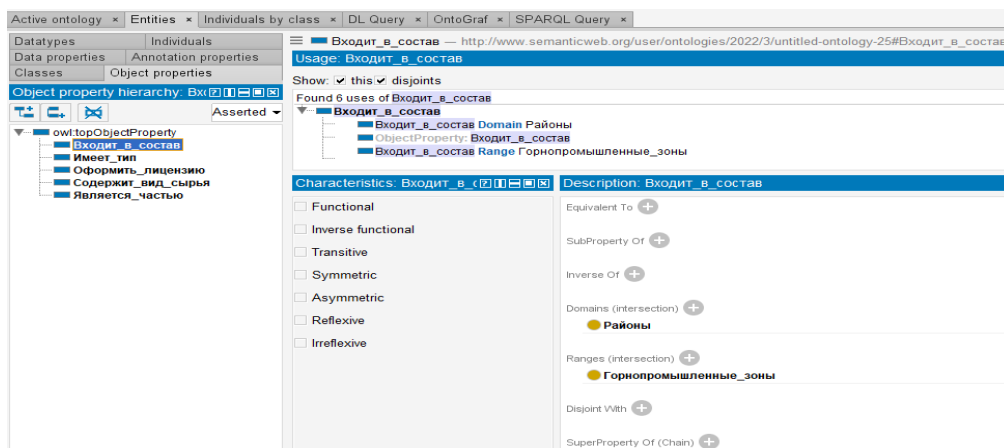


Рис. 1.

Описание свойств-отношений «Входит в состав» классов предметной области.

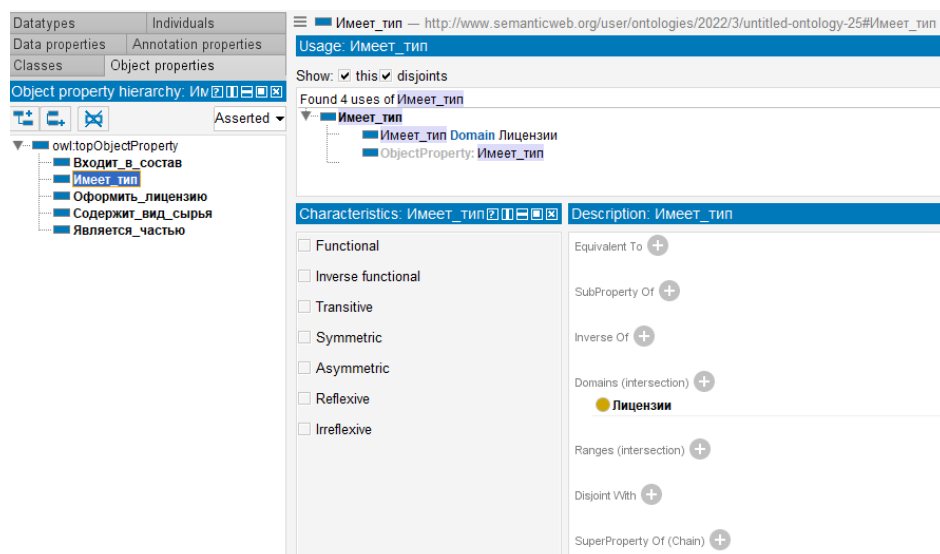


Рис. 2.

Описание свойств-отношений «Имеет тип» классов предметной области.



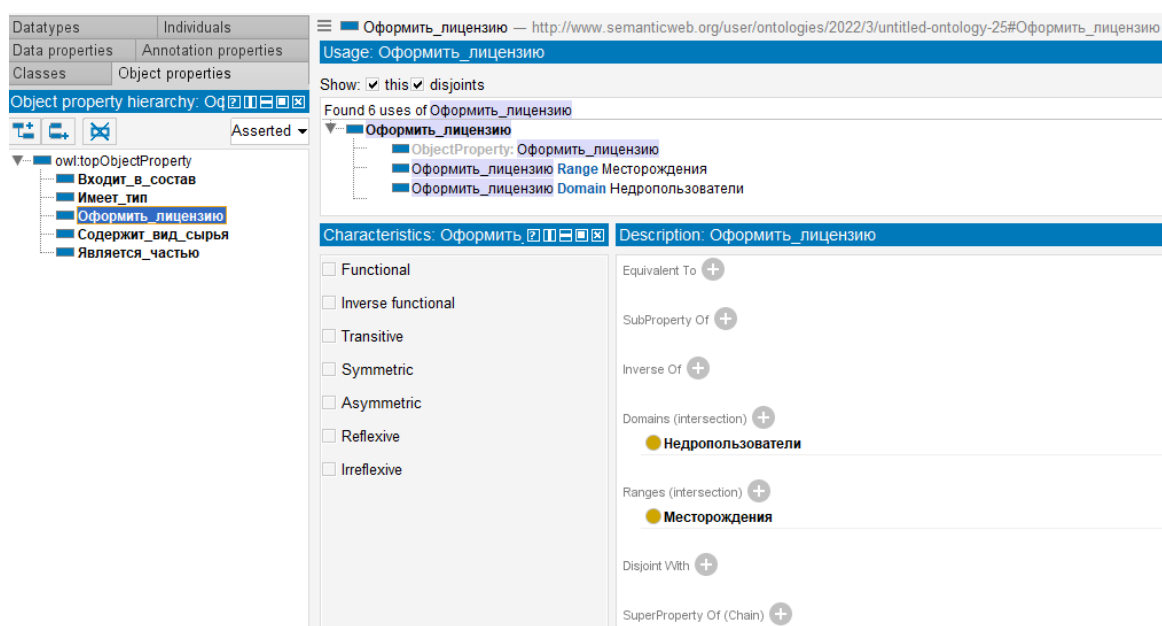


Рис. 3. Описание свойств-отношений «Оформить лицензию» классов предметной области.

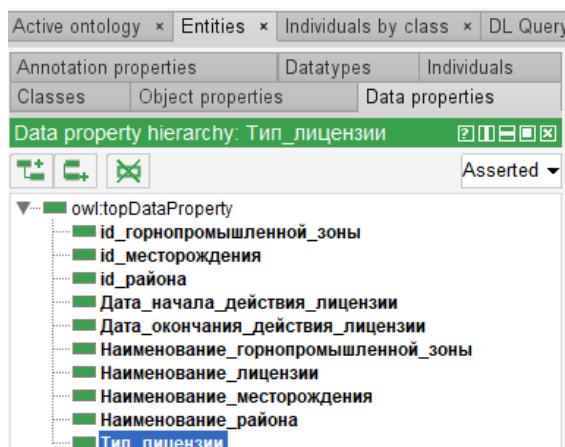


Рис. 5. Пример SPARQL-запроса к геоонтологической модели.

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT ?subject ?object
WHERE { ?subject rdfs:subClassOf ?object }
```

Рис. 4. Редактор свойств-данных в составе геоонтологической модели.

В рамках характеристики свойств домен указывает, для экземпляров каких классов данное свойство может быть использовано. Диапазон предназначен для того, чтобы задать область допустимых значений, включая тип данных и ограничения, которые необходимо указать для данного свойства экземпляру класса.

В рамках методических аспектов моделирования онтологической модели мониторинга состояния минерально-сырьевой базы необходимо выполнить апробацию полученной структуры

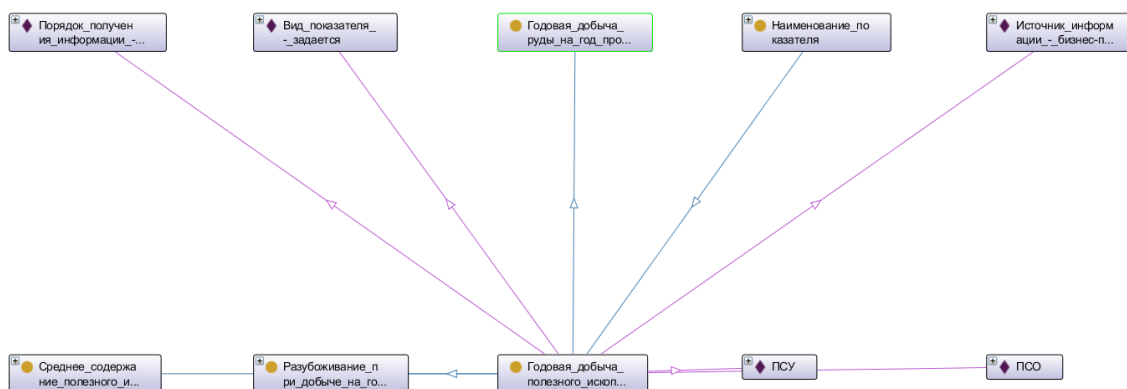
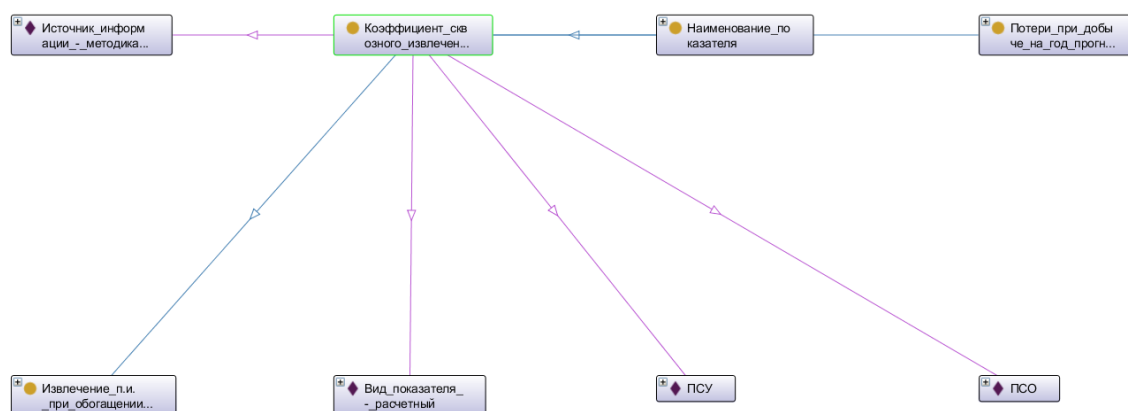


Рис. 6. Взаимосвязи полученных результатов запроса по геопривязке к горнопромышленным зонам.





**Рис. 7.**  
Взаимосвязи полученных результатов запроса по видам сырья.

онтологической модели посредством компонента программы Protégé, называемого Reasoner. Данный компонент предназначен для проверки онтологической модели на непротиворечивость и на отсутствие ошибок при её построении.

Выполнение запросов происходит на вкладке «SPARQLQuery». Необходимо для выполнения запроса выбрать параметры, по которым будет производиться поиск (рис. 5).

Результаты проектирования связей и обработки запросов к модели показаны на рис. 6-7.

Таким образом, полученная геоонтологическая модель, привязанная к таксономическим единицам, позволяет устанавливать соответствие между компонентами и блоками в составе геолого-экономического мониторинга, путём SPARQL-запросов определять иерархию объектов геолого-экономического мониторинга, делать выводы относительно полноты сбора показателей геолого-экономического мониторинга для принятий управленческих решений по вопросам недропользования. XXI

## Литература

1. Kuznetsova, E. Analysis of an Industrial and Raw Material Facility as a Socio-Economic System / E. Kuznetsova, V. Dadykin // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. – Vladivostok, 2020. – P. 9271435. – DOI 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271435. – EDN YUYRUS.
2. Methodological Aspects of Managing a Geological Study of Subsoil and Forming a Database for a Geological and Economic Map of the Mineral Resource Potential of Sakha Republic (Yakutia) / V. S. Dadykin, O. V. Dadykina, T. M. Gerashenkova, V. M. Skantsev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, 10–12 января 2022 года. – Virtual, Online, 2022. – P. 022035. – DOI 10.1088/1755-1315/988/2/022035. – EDN KCWLCA.
3. Геолого-экономическое районирование в управлении фондом недр и геологоразведочной промышленностью / Р. Р. Ноговицын, О. Н. Федонин, В. С. Дадькин, В. М. Сканцев. – Брянск: Общество с ограниченной ответственностью «Новый проект», 2018. – 304 с. – ISBN 978-5-6041705-9-5. – EDNWSOCHX.
4. Дадькин, В. С. Снижение воспроизводства минерально-сырьевой базы как угроза экономической безопасности / В. С. Дадькин, О. В. Дадькина // Социально-экономические и гуманитарные исследования: проблемы, тенденции и перспективы развития: Материалы Международной научно-практической конференции, Брянск, 27–28 апреля 2016 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2016. – С. 24-27. – EDN XDITIN.
5. Дадькин, В. С. Формирование механизма взаимодействия в системе управления фондом недр общераспространённых полезных ископаемых / В. С. Дадькин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2017. – № 4. – С. 86-91. – DOI 10.24143/2073-5537-2017-4-86-91. – EDNZXFFLF.
6. Степина, О. М. Применение ГИС-технологий в управлении промышленным предприятием / О. М. Степина, В. С. Дадькин // Инновационно-промышленный потенциал развития экономики регионов: Материалы IV-й Международной научно-практической конференции, Брянск, 31 марта 2017 года. – Брянск, 2017. – С. 285-290. – EDN YHUSOO.

UDC 332.14:004.9

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

**O.V. Dadykina**, Candidate of Economics, Associate Professor, Bryansk State Technical University, Associate Professor of the Department of Digital Economy, atamanova\_281287@mail.ru

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE FORMATION OF GERONTOLOGY FOR SOLVING PROBLEMS OF GEOLOGICAL AND ECONOMIC MONITORING IN SUBSOIL USE

**Abstract:** The formation of geoontology, in relation to the objects of the mineral resource base, must be implemented with reference to the taxonomic units of the territory. This will allow in the process of modeling geological and economic models for the development of objects of the mineral resource base to take into account the specifics of regional conditions for the work of subsoil users and resource opportunities. At the same time, to solve the problems of geological and economic monitoring, it is necessary to form an ontological model containing the binding of objects to taxonomic units. The methodological aspects discussed in this article can be used to model the ontology of geological information resources.

**Keywords:** ontological engineering, digitalization in geology, thesaurus, geological and economic monitoring.





**Шац М.М.**  
вед. науч. сотр. институт мерзотоведения  
им. П.И. Мельникова СО РАН  
mmshatz@mail.ru

# ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЗОЛОТОРУДНОМ ТАРЫНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

*В статье приведены результаты исследований золоторудного Тарынского поля (Восточная Якутия) на начальном этапе освоения. Установлено, что природные условия в этот период характеризуются невысокой степенью нарушенности геосистем. Дана геолого-технологическая характеристика основных месторождений рудного поля.*

**Ключевые слова:** Восточная Якутия, Республика Саха (Якутия), Тарынное поле, золоторудное месторождение, геолого-технологическая характеристика, природные условия, перспективы проекта.



**З**олотодобывающая отрасль Республики Саха (Якутия) является одной из основных отраслей для социально-экономического развития региона. Недр Якутии уникальны по разнообразию, количеству и качеству полезных ископаемых. По данным «Якутнедра» выявлено 1823 месторождения 58 видов минерального сырья [1-4,10].

К числу территорий-лидеров золотодобычи в Республики Саха (Якутия) с 2010 года относится Оймяконский район республики, на территории которого находится объект нашей публикации – Тарынское рудное поле, относящееся к Верхне-Индибирскому горнопромышленному району, входящего в центральную часть Главного золотоносного пояса Северо-Востока России [1,4,5,6].

Район работ находится в 60 км на северо-восток от с. Оймякон и в 70 км на юг от пос. Усть-Нера, в среднегорной тундрово-таёжной зоне, на территории Оймяконского района Республики Саха (Якутия), в междуречье рек Большой и Малого Тарынов, на площади листов Р-54 VI. Его общая площадь составляет 101 км<sup>2</sup>.

**Цель исследований:** показать геотехнологические условия месторождений Тарынского рудного поля, одного из крупнейших в Оймяконском районе на современном начальном этапе его освоения.

**Результаты исследований.** Основным полезным компонентом месторождения является золото, попутным – серебро, характеризуется достаточно простыми горнотехническими условиями, благоприятными для организации отработки открытым способом.

В пределах исследуемой площади известны разведанные золоторудные месторождения Тан, Малтан, Пиль, Мало-Тарынское, значительное количество перспективных неизученных рудопроявлений, относящихся к малосульфидной золото-кварцевой формации. Кроме этих объектов, на площади известно значительное количество перспективных, но слабо изученных рудопроявлений золота. Междуречье рек Большой и Малый Тарыны является одной из наиболее изученных и экономически освоенных площадей Верхне-Индибирского горнопромышленного района.

В последние годы наиболее активно изучается Тарынское полигенное месторождение жильно-вкрапленных руд, в запасах которого существенную роль играют нетрадиционные для района вкрапленные руды с игольчатым арсенопиритом [1,12,13]. При существующих технологиях извлечения золота, в настоящее время в районе успешно отрабатываются лишь золото-кварцевые месторождения Бадран и Нагорное, руды которых относятся к легкообогащаемым. Вместе с тем в районе известно более 530 золото-кварцевых рудопроявлений, перспективы которых одно-

значно не определены, что связано с отсутствием чётких критериев для их разбраковки.

Разработка таких критериев, помимо систематизации эмпирических данных, должна основываться на понимании генезиса объектов прогнозирования.

В районе работ повсеместно развиты многолетнемерзлые породы (ММП) мощностью до 500 м, а непосредственно в долинах местных водотоков – более 300 м [1,5,9-11]. Среднегодовая температура пород на глубине постоянных годовых теплооборотов (15-20 м) составляет, в зависимости от абсолютных отметок рельефа и экспозиции склонов – 6-9 °С. В долинах рек Большой и Малый Тарыны отмечаются круглогодичные подрусловые талики, формирующие наледи в зимний период. Мощность деятельного слоя составляет на склонах северной экспозиции 0,2-0,3 м, южной 1-1,2 м, в долинах водотоков – 3-3,5 м.

#### **Основные объекты исследований.**

**Месторождение Мало-Тарынское.** Расположено в 70 км южнее административного центра района – п. Усть-Нерана западном фланге Тарынского рудного поля, на правом борту р. Малый Тарын, на юго-западном фланге Тарынского рудно-россыпного узла, приуроченного к Адыча-Тарынской рудной зоне, в южной части Верхне-Индибирского горно-промышленного района Яно-Колымской золоторудной провинции.

Особенности геологического строения Мало-Тарынского рудного поля определяются его расположением в пределах Тарынской структурно-фациальной зоны на стыке Курдатской брахиантиклинали Эльгинского складчато-глыбового поднятия и Мало-Тарынской синклинали Тарыно-Эльгинского синклинория. В геологическом строении рудного поля принимают участие терригенные морские отложения карнийского и норийского ярусов верхнего триаса, нижнеюрские отложения, а также континентальные отложения четвертичного возраста. Курдатская брахисинклиналь входит на территорию своим юго-восточным окончанием, и представлена в западной части площади антиклинальной складкой востоко-северо-восточного простирания с выходом в ядре наиболее древних в пределах площади пород лоны *Sirenitesyakutensis*.

Наиболее интересными в промышленном отношении являются северо-западные зоны разрывов в бассейнах ручьёв Эгелях, Голубичный и Зелёный. Оруденение во всех случаях относится к мало-сульфидному типу золото-кварцевой формации. [1, 6-8,11,12].

Рудные тела являются коренным источником крупной промышленной россыпи золота по р. Малый Тарын с запасами 35 т, в настоящее



время практически отработанной. Рудные тела эшелонированные, имеют как крутое, так и изменчивое падение. По отдельным объектам наблюдается увеличение мощности и содержания золота на глубину. Рудные тела изучены до глубин 100 м и не оконтурены по падению, что предполагает возможность наращивания запасов золота на более глубоких горизонтах при более детальной разведке.

Известные рудные зоны Мало-Тарынского месторождения особенно чётко выделяются на участке перегиба и совмещения одной из ветвей Адыча-Тарынской зоны разломов с зонами сдвиговых и взбросо-надвиговых деформаций. Протяжённость минерализованной части зоны 4 км при мощности в десятки метров. В строении рудной части зоны участвуют зоны брекчирования, милонитизации, расщепления и участки тектонических штокверков. Границы рудных тел определяются исключительно по результатам опробования.

В пределах месторождения выделены два участка: Зелёный (на юго-восточном) и Голубичный (на северо-западном флангах). Там проведены более детальные работы и выделено 12 рудных тел. Те прослежены горными выработками и скважинами по простиранию на расстояние 50-700 м, по падению – 30-270 м при средней мощности рудных тел – от 1,5 до 4 м. По сложности геологического строения месторождение Мало-Тарынское, согласно «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых», отнесено к 3 группе. Величина объёмной массы для руд Мало-Тарынского месторождения принята равной 2,68 т/куб. м, значение влажности руд составляет 0,2%. При подсчёте запасов полученное значение влажности не учитывалось. Золотое оруденение представлено свободным интерстициальным золотом, крупностью от 0,01 до 0,5 см.

На основании технологических испытаний руд, проведённых в «ЦНИГРИ», установлено, что комбинированная схема обогащения руд месторождения обеспечивает суммарное технологическое извлечение золота в «золотую головку» и на смолу – 96,09%. Зачётное извлечение в сплав Доре, с учётом потерь, составляет – 94,4%. Золото самородное, главным образом, умеренно высокопробное. В руде присутствуют самородки, наличие которых в отдельных пробах обуславливает ураганные содержания золота.

По состоянию на 1 января 2019 г. Государственным балансом РФ учитываются запасы для открытой отработки золотых руд в количестве [1,7-10]:

**золото**

– категория С2: руда – 2 994 тыс. тонн (ср. содержание – 4,188 г/т), золото – 12 540 кг;

– забалансовые: руда – 154 тыс. тонн, золото – 517 кг.

Прогнозные ресурсы месторождения составляют:

**золото**

– категория Р1 – 38 тонн

– категория Р2 – 70 тонн

**серебро**

– категория Р1 – 2 717 кг.

**Месторождение Тан.** Расположено на северо-западном фланге Тарынского рудного поля, в междуречье руч. Ударница – Букет, левых притоков р. Большой Тарын, 5 км севернее Мало-Тарынского золоторудного месторождения и 10 км западнее золоторудного месторождения Дразное, на юго-западном фланге Тарынского рудно-россыпного узла, приуроченного к Адыча-Тарынской рудной зоне, в южной части Верхне-Инди́гирского горнопромышленного района Яно-Колымской золоторудной провинции. В общем потенциале площади месторождения Тан доминируют объекты золото-сурьмяного типа, второстепенную роль играют проявления золотой и золото-редкометальной минерализации. К площади месторождения приурочены головки россыпей золота по ручьям Ударница, Солнечный, Тычинка, Букет.

По количеству промышленных запасов россыпного золота, выявленного на россыпных месторождениях, площадь резко уступает другим участкам рудного поля. Детально разведанная часть месторождения Тан расположена на правобережье руч. Ударница. Выделено 2 рудных тела, которые имеют, соответственно, протяжённость 500 и 430 м, среднюю мощность – 1,85 и 1,17 м, среднее содержание золота – 9,82 и 8,32 г/т, сурьмы – 2,77 и 3,31 %.

По состоянию на 1 января 2018 г. Государственным балансом РФ учитываются жильные легкообогащаемые запасы золота и попутной сурьмы по месторождению Тан для подземной отработки в количестве [1,7-10]:

**золото**

• категория С1: руда – 292 тыс. тонн (ср. содержание – 9,288 г/т), золото – 2 712 кг

• категория С2: руда – 165 тыс. тонн, золото – 1 711 кг.

**сурьма**

• категория С1: руда – 292 тыс. тонн (ср. содержание – 3,045 %), сурьма – 8 890 тонн

• категория С2: руда – 165 тыс. тонн, сурьма – 4 056 тонн.

Прогнозные ресурсы месторождения Тан составляют [1,7-10]:

**золото**

• категория Р1 – 18 тонн

• категория Р2 – 95 тонн (ср. содержание 3,37 г/т)



**сурьма**

- категория P1 – 140,75 тыс. тонн.
- категория P2 – 79,2 тыс. тонн.

**Месторождение Пиль и участок Зона Левобережная.**

В северо-западной части зоны находится золоторудное месторождение Пиль, представляющее пологопадающее (30-35°) кварцевую жилу с невыдержанной мощностью и крайне неравномерными содержаниями золота, в отдельных пробах достигающими 100 г/т и более. Среднее содержание золота в разведанных запасах – 39,08 г/т. Во вмещающих породах, несущих прожилковое окварцевание, содержание золота достигает 7,0-10,0 г/т. Жила характеризуется изменчивостью мощности – от 0,1 до 1,5 м и крайне неравномерным распределением золота. По данным бурения на флангах жила выклинивается на глубинах от 35 м на северном до 60 м на юго-западном фланге.

Часть месторождения – Зона Левобережная северо-западного простирания расположена на левобережье р. Большой Тарын, имеет площадь 44,71 кв. км и дренируется её левыми притоками руч. Дора, Пиль, Малютка, Струйка, Возвратный, в долинах которых установлены богатые промышленные россыпи золота. В целом рудная Зона Левобережная представляет собой протяжённую (около 4 км) полосу шириной 100-200 м, ограниченную ведущими плоскостями разломов (ЮЗ и СВ минерализованные ветви), которые включают тектонически и гидротермально проработанные пласты песчаников с жильно-прожилковой золото-кварцевой минерализацией.

**Рудоносная зона Перевальная** выделяется на левобережье р. Большой Тарын, в междуречье руч. Дора и руч. Ударник. По типу гидротермалитов и характеру геохимического поля подобна северо-западному флангу рудоносной зоны Возвратный – Мениск, являясь, по существу его продолжением на северо-запад. Юго-восточный фланг зоны Перевальной пространственно совмещён с локальным возрастанием продуктивности (до 40-50 г/м<sup>2</sup>) в нижней части россыпи золота руч. Дора. В пределах зоны установлен ряд контрастных геохимических аномалий золота с содержаниями 0,01-0,1 г/т. Общая протяжённость структуры – 3,7 км, ширина – до 300 м.

**Рудоносная зона Июньская** выделяется в междуречье ручьёв Дора и Ударник, протягиваясь от левобережья руч. Июньский (правый приток руч. Ударник) до руч. Дора. Июньская зона является, по существу, северо-западным продолжением Зоны Левобережная. Характеризу-

ется широким развитием прожилкового окварцевания и наличием контрастных геохимических аномалий золота с содержаниями 0,01-0,1 г/т. Общая протяжённость структуры – 4,0 км, ширина – 500 м. По особенностям геологического строения, характеру геохимического поля, уровню прожилкового прокварцевания пород зона Июньская подобна северо-западному флангу Зоны Левобережная.

По состоянию на 1 января 2019 г. Государственным балансом РФ учитываются запасы для подземной отработки золотых руд в количестве: [1,7-10]:

- категория C1: руда – 12 тыс. тонн (ср. содержание – 39,083 г/т), золото – 469 кг. Прогнозные ресурсы рудного золота месторождения Пиль и участка Зона Левобережная по состоянию на 01.01.2012 г. составляют:

- категория P1 – 20 тонн
- категория P2 – 127 тонн.

Россыпные месторождения и проявления золота распространены в пределах площади весьма широко и имеются как в долинах основных водотоков р.р. Большой и Малый Тарын так и во всех мелких водотоках с их притоками, дренирующих рудные поля: руч. Дора, Пиль, Кус-Юрюе, Маскыл, 29 Эгелях, Голубичный, Зелёный, Красивый. Среди россыпей выделяются уникальные, такие как россыпь Большой Тарын – Малый Тарын и мелкие. Россыпи, как пойменные, так и террасовые, иногда с несколькими уровнями террас – россыпь Малый Тарын-Верх. Россыпь руч. Эгелях является наиболее протяжённой в правых притоках р. Мал. Тарын и достигает истоков ручья до пересечения его долиной продолжения рудноносных структур рудопроявления Эгелях. Длина россыпи 2,5 км, ширина колеблется от 10 до 100 м. Средняя мощность торфов 10,0 м, песков 1,7 м, содержание золота 12,5 г/м<sup>3</sup>. Пробность изменяется от 837 до 903, составляя в среднем 884 [7-10]:

Важным условием геоэкологической политики освоения при достижении максимальной экономической эффективности являются не только решение геотехнологических проблем, но и рациональная природоохранная политика, включающая экологический мониторинг [13-17]:

- оформление всей разрешительной документации в соответствующих территориальных органах, согласно требованиям действующих законов и инструкций;
- применение современных способов работ, максимально уменьшающих степень и сроки агрессивного воздействия геологоразведки на окружающую среду;
- ограничение минимально необходимыми объёмами прокладки дорог и переездов через местные водотоки;

- применение технических средств (поддонов, герметичных ёмкостей, устойчивых к разъеданию уплотнителей, быстродействующих сорбционных материалов и т.п.), препятствующих загрязнению окружающей среды горюче-смазочными материалами и химическими реагентами, применяющимися в процессе работы техники и бурения;

- применение только сертифицированных промышленных буровых реагентов с доказанными безвредными воздействиями и безопасными химическими свойствами;

- размещение бурового шлама в зумпфах с перекрытием рыхлыми инертными отложениями и почвенно-грунтовыми смесями, с последующим самозаращением местной растительностью;

- использование действующих производственных и жилищно-бытовых сооружений, расположенных вне пределов водоохранных зон;

- применение биологической очистки хозяйственно-бытовых стоков;

- применение оборотной воды в циклах, связанных с бурением;

- соблюдение установленных нормативов загрязнения окружающей среды и использования природных ресурсов при ведении геолого-разведочных работ;

- устройство локальных очистных и накопительных сооружений для производственных стоков в виде земляных дамб и зумпфов;

- проходку буровых площадок и дорог к ним осуществлять только в пределах земельного отвода;

- соблюдать проектные размеры буровых площадок и подъездных путей к ним;

- проводить экстренную сорбционную обработку и зачистку аварийных разливов горюче-смазочных материалов;

- выполнять утилизацию бытового мусора, отработанных смазочных материалов и буровых растворов;

- проводить складирование в специальных помещениях отработанных горюче-смазочных материалов, аккумуляторов и металлического лома;

- выполнять санитарную зачистку поверхности рабочей зоны после завершения бурения;

- соблюдать правила противопожарной безопасности с целью предохранения растительного покрова от пожаров;

- возмещать потери за нарушенные земли в процессе проведения работ.

Особое внимание уделять рекультивации – по завершении работ производить санитарную очистку объектов работ, буровых площадок, оборудование и материалы вывозятся, ликвида-

цию туалетов и выгребных ям с засыпкой грунтом после окончания полевых работ.

Рекультивация горных выработок проводится в объёме 40% канав и траншей в связи с тем, что после окончания поисково-оценочных работ намечается продолжение работ. Таким образом, предусмотрена организация проблемно ориентированного геоэкологического мониторинга.

### Заключение

В целом производство намечаемых работ по освоению месторождения является одним из наиболее эколого-опасных для окружающей природной среды. Специфика геоэкологических последствий горнодобывающей отрасли для северных территорий охарактеризована в специальных публикациях [18-20].

Применительно к конкретным природным условиям Тарынского рудного поля будут оказаны следующие преобразования геосистем:

- выбросы в атмосферу загрязняющих веществ при работе машин и механизмов;

- нарушение почвенно-растительного слоя;

- механическое нарушение верхних горизонтов горных пород;

- забор воды для производственных и бытовых нужд;

- сброс хозяйственно-бытовых стоков на рельеф;

- негативное воздействие на окружающую среду при вырубке леса;

- нарушение естественных условий обитания диких животных и птиц.

Вышеперечисленные виды воздействия и загрязнения пока на начальной стадии освоения не могут существенно изменить динамику естественных природных процессов в районе ГРП и нарушить существующие структуры и продуктивности геоэкологических систем. Однако в дальнейшем, по мере расширения масштабов и роста степени воздействия, уровень нарушений неизбежно возрастёт.

Оценка степени оказываемого экологического воздействия на окружающую среду будет производиться на основании имеющихся справочных данных, опубликованных сведений о современном состоянии природной среды в районе работ и на прилегающих территориях, обычной спецификой горнодобывающей деятельности [18-20].

Добыча золота на Тарынском рудном поле в Якутии в ближайшее время предположительно может превысить 9 тонн в год и внесёт существенный вклад в золотодобывающую отрасль республики. <sup>XXI</sup>



## Литература

1. Акимов Г.Ю., Крючков А.В., Крылова Т.Л., Сидоров А.А. Тарынское месторождение жильно-вкрапленных руд – новый тип золотого оруденения в Верхне-Индигогорском районе Якутии. // Доклады Академии наук. 2004. Т. 397. С.363-368.
2. Аркадий Васильев. Якутии предложили организовать переработку золотосодержащих руд. Электронный ресурс. URL: - <http://ysia.ru/yakutii-predlozili-organizovat-pererabotku-zolotosoderzhashhih-rud/>. Источник: <http://ysia.ru/>. Дата обращения: 27.03.2019.
3. Беневоольский Б.И. Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Изд. 2-е, исправл. и доп. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. – 464 с.
4. Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозойд // М., ГЕОС, 2001. 201 с.
5. Месторождение семидесятой широты. Электронный ресурс. URL: <https://yesaul.livejournal.com/544011.html>. Источник: <https://yesaul.livejournal.com/>. Дата обращения: 16.10.2017.
6. Мурзин Ю.А., Нерадовский Л.Г., Железняк М.Н. «Температурное поле и строение криолитозоны Янского плоскогорья». Сборник трудов IV Общероссийской конференции изыскательских организаций 16-17 декабря 2008 г., «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации». М., ПНИИС, 2009, С.53-56.
7. Тыллар А.Г., Никифорова В.В. Об инновационной целесообразности расширения Томпонского горнопромышленного района в Восточной Якутии // Материалы I научно-практической конференции «Проблемы формирования инновационной экономики региона». (г.Магадан, 2-3 декабря 2009 г.). -Магадан: Новая типография, 2010. - С.60-64.
8. Фридовский В.Ю., Г.Н.Гамянин, Л.И. Полуфунтикова Структуры, минералогия и флюидный режим формирования руд полигенного Малотарынского золоторудного поля (Северо-восток России) // Тихоокеанская геология, 2015 г., том 34, №4, с. 39-52.
9. Фридовский В.Ю. Структуры рудных полей и месторождений Яно-Колымского рудного пояса (Восточная Якутия – территория Верхояно-Колымской коллизионной области) // Металлогения рядов коллизионных геодинамических обстановок. В 2-х томах. Т.1 // М.: ГЕОС, 2002. – С. 6-241.
10. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н. Длительно развивающиеся разломные зоны Тарынского рудного узла и обстановки локализации оруденения // Материалы ВНКП «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» // Якутск: Издательский дом СВФУ, 2013. Т. 2. С. 246-252.
11. Якутский Тарын после 2019 года может давать более 9 тонн золота. Электронный ресурс. URL: <https://news.ykt.ru/article/48324>. Источник: <https://news.ykt.ru/>. Дата обращения: 14.02.2020.
12. Геокриология СССР. Северо-Восток Сибири // М.: «Недра», 1989 – 414 с.
13. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1:2 500 000 // М.: ГУГК, 1991. – 2 л.
14. Шац М.М. Современная динамика многолетнемерзлых пород при природопользовании на Севере Сибири // Маркшейдерия и недропользование. Январь-февраль 2019, №1(99), С.41-47.
15. Шац М.М. ЭКОЛОГО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА ПРИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ НА СЕВЕРЕ СИБИРИ // Недропользование XXI век, 2020, №2, С.130-141.
16. Шац М.М., Сериков С.И., Скачков Ю.Б. РОЛЬ ТЕХНОГЕНЕЗА В СОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКЕ МЕРЗЛЫХ ТОЛЩ ГОРНЫХ ПОРОД. //1 КЛИМАТ И ПРИРОДА, 4 (25), 2017, С.3-16.
17. Шац М.М., Скачков Ю.Б. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КРИОЛИТОЗОНЫ // Недропользование XXI век, 2021, №1-2, С.16-21.
18. Волков А. В., Сидоров А. А. Поисковая модель золото-сульфидных месторождений вкрапленных руд Арктической зоны России // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 2 (26). — С. 62-75.
19. Соложенкин П. М. Экологические аспекты рациональной переработки золотосурьмяных руд // ВИНТИ. 2006. № 2. С. 2–122.
20. Тарынское рудное поле. Электронный ресурс. URL: [https://nedradv.ru/nedradv/ru/find\\_place?obj=76537a414023f2809014b833d90bcbf1](https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_place?obj=76537a414023f2809014b833d90bcbf1). Источник: <https://nedradv.ru/>. Дата обращения: 18.05.2021.

UDC 551.345 + 624.131

M. M. Shatz, Candidate of Geology, P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS leading. scientific. employee, mmshtatz@mail.ru

## ENVIRONMENTAL AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE GOLD ORE TARYN DEPOSIT (EASTERN YAKUTIA)

**Abstract:** The article presents the results of studies of the Taryn gold field (Eastern Yakutia) at the initial stage of development. It has been established that natural conditions during this period are characterized by a low degree of disturbance of geosystems. The geological and technological characteristics of the main deposits of the ore field are given.

**Keywords:** Eastern Yakutia, Republic of Sakha (Yakutia), Taryn field, gold deposit, geological and technological characteristics, natural conditions, project prospects.

**Агеенко В.А.**

к.т.н., главный специалист  
испытательного лабораторного  
центра инженерно-технического  
центра ООО «Газпром геотехнологии».  
valera.ageenko@mail.ru

**Кравченко О.С.**

к.т.н., главный специалист отдела  
геологии ООО «Газпром геотехнологии»  
o.kravchenko.msu@inbox.ru

**Старостин Р.А.**

ведущий специалист испытательного  
лабораторного центра инженерно-  
технического центра  
ООО «Газпром геотехнологии»  
r.starostin@inbox.ru

## МЕЛКОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПХГ

*В работе рассмотрены особенности стратификации рассола по высоте при растворении образца каменной соли в лабораторных условиях. Продемонстрирована особенность растворения образцов каменной соли. Получены данные о том, как изменяется концентрация рассола в процессе эксперимента. А также сделаны выводы о том, что необходимо учитывать данные особенности растворения при разработке организационно-технических мероприятий по мониторингу за состоянием подземных хранилищ газа в каменной соли в процессе их строительства.*

**Ключевые слова:** Каменная соль, моделирование технологии, лабораторный эксперимент, стратификация рассола, концентрация рассола, подземные хранилища газа.

Метод подземного растворения через индивидуальные скважины используется в горной практике при разработке пластов каменной соли с целью добычи полезного ископаемого и с целью строительства подземных камер-хранилищ. Строительство подземных хранилищ предусматривает получение устойчивой выработки с целью дальнейшей эксплуатации.

Процесс растворения каменной соли при строительстве подземных резервуаров геотехнологическим методом через буровые скважины относится к внутренней задаче массообмена. Этот процесс описывается уравнениями движения, энергии, диффузии, неразрывности. Для полного решения задачи процесса подземного

растворения соли необходимо воспользоваться численными методами расчёта, применение которых не всегда является простым. Поэтому, в настоящее время расчёт параметров процесса подземного растворения соли осуществляется с применением критериальных уравнений. Эмпирические коэффициенты, входящие в критериальные уравнения, определяются экспериментально на основании моделирования технологии строительства подземного хранилища. [1].

В процессе подземного растворения каменной соли под действием сил гравитации происходит стратификация рассола по высоте выработки, которая приводит к преимущественному развитию её верхней части. С другой стороны,



при нарушении естественного напряженно-деформированного состояния массива каменной соли, вследствие создания выработки-ёмкости, для сохранения устойчивости требуется преимущественное развитие её нижней части. Следовательно, главной задачей формирования подземных выработок-емкостей является оптимальное преодоление противоречия между процессом развития верхней части выработки и требованием сохранения устойчивости под действием горного давления [2].

Наиболее значимые результаты по растворению каменной соли были отражены в работе Мазурова В.А. [3].

Работа Каратыгина Е.П. посвящена изучению теории поведения каменной соли при её растворении. [4].

Закономерности формообразования подземной камеры при подземном растворении пластов каменной соли описаны в работах [5].

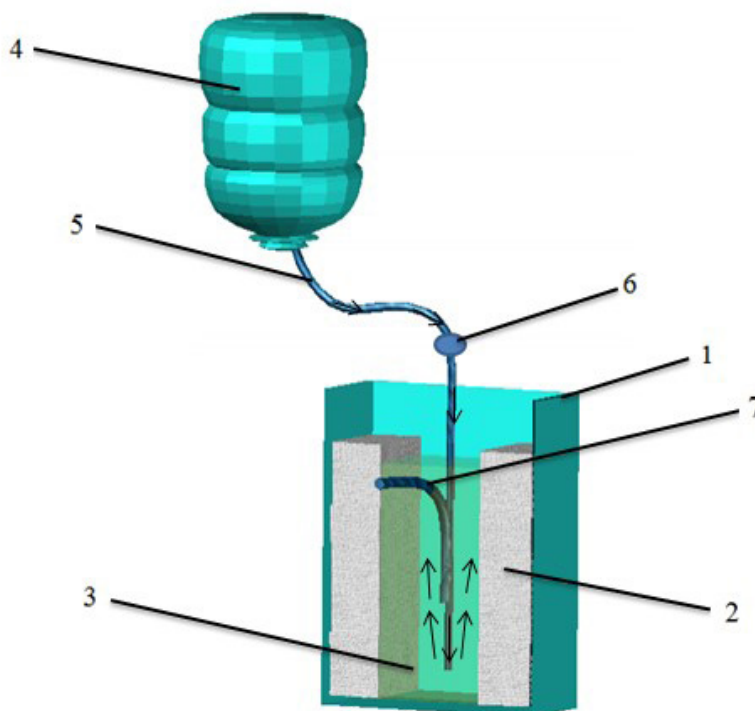
Поведение каменной соли в процессе растворения при строительства подземных резервуаров в работе Малюкова В.П. [6].

В настоящей работе показывается поведение каменной соли при ее растворении на мелкомасштабной модели в лабораторных условиях.

#### Методика проведения эксперимента

Для моделирования процесса растворения была изготовлена установка, которая позволяла контролировать расход рассола, соответствовала заданным размерам и необходимым входным параметрам. Трёхмерная модель установки представлена на **рисунке 1**.

Ёмкость 1, в которую погружались образцы каменной соли, имела внутренние размеры 160х60х250 мм. Для проведения эксперимента было изготовлено два образца каменной соли. Перед проведением эксперимента образцы были загерметизированы по 5 граням. После они были установлены в ёмкость 1 так, чтобы открытые грани были расположены со стороны подачи воды. После ёмкость была заполнена рассолом NaCl с плотностью 1,197 г/мл и концентрацией 311,2 г/л. Подача воды производилась по трубке 5 из бочки 4. Трубка подачи воды была расположена в центре ёмкости на равноудалённом расстоянии от образцов каменной соли. Расстояние между дном ёмкости и трубкой подачи воды составляло 1 см. Скорость подачи регулировалась расходомером 6. В процессе эксперимента было израсходовано 2,5 литра воды. Для визуализации эксперимента вода подкрашивалась, что позволяло наблюдать ее распределение по рассолу. Отбор рассола, необходимого для измерения его концентрации, производился по трубке 7 из трёх точек, которые располагались вертикально



**Рис. 1.**

Установка по растворению образцов каменной соли.

1- емкость для растворения, 2- образцы каменной соли, 3 - рассол, 4- емкость с водой, 5- трубка подачи воды, 6 - кран регулирования расхода воды, 7- трубка откачки рассола.

Таблица 1.  
Характеристики образцов.

	I образец	II образец
Высота, мм	199,5	195,7
Ширина, мм	59,4	59,2
Толщина, мм	62,5	58,0
Масса, гр	1504,5	1383,0
Плотность г/см <sup>3</sup>	2,03	2,06

Таблица 2.  
Значение концентрации рассола с разбавлением.

Время, мин	Концентрация		
	2 см от дна, г/л	9 см от дна, г/л	11 см от дна, г/л
0	9,26	9,26	9,26
30	8,13	8,02	6,52
60	8,02	7,82	5,97
90	7,83	7,8	6,42
150	8,2	7,96	6,7
210	8,54	7,88	6,62
290	8,86	8,12	6,63

Таблица 3.  
Значение концентрации рассола без разбавления.

Время, мин	Концентрация		
	2 см от дна, г/л	9 см от дна, г/л	11 см от дна, г/л
0	83,5	83,5	83,5
30	82,1	79,9	72,6
60	81,8	77,2	70,8
90	81,3	76,7	68,4
150	81,5	78,7	74,7
210	82,6	79,1	77,3
290	82,5	78,2	74,1

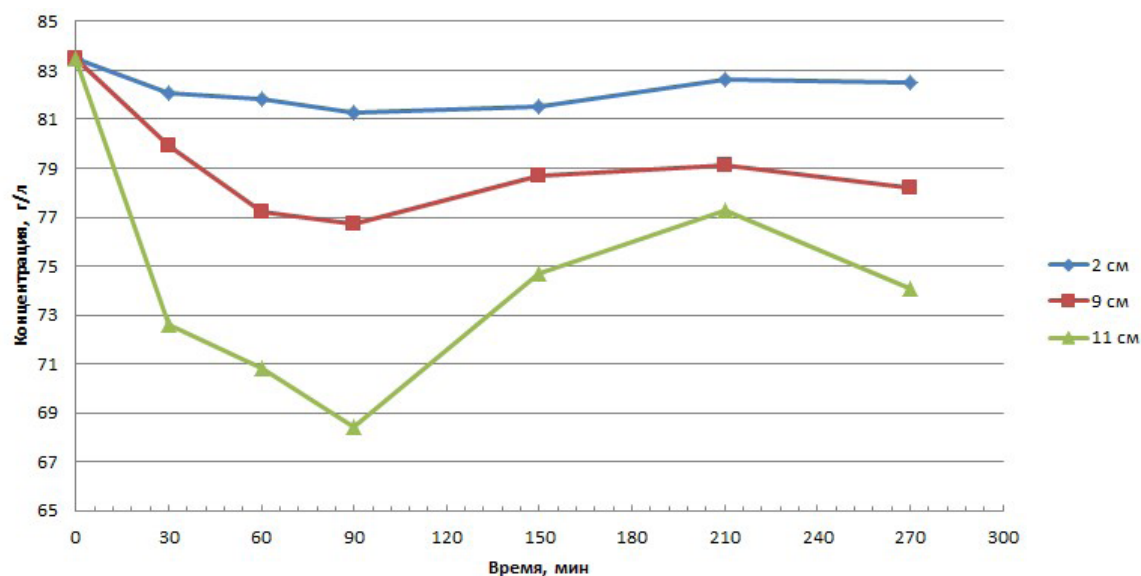


Рис. 2.  
Изменение концентрации отобранного рассола в зависимости от глубины отбора с течением времени.



на расстоянии 2 см, 9 см и 11 см от дна ёмкости. Изменение концентрации во времени производилось специализированным прибором с разбавлением рассола пресной водой (10 мл рассола и 250 мл воды) и без разбавления. Длительность эксперимента 4 часа 50 минут.

#### Результаты и их обсуждение.

Объектом исследования являются образцы каменной соли, отобранные из Калининградской площади. Для проведения эксперимента были подобраны близкие образцы по структуре. [7].

Данные по образцам представлены в **таблице 1**.

Значение концентрации рассола в различные промежутки времени (с разбавлением водой) представлено в **таблице 2**.

Значение концентрации рассола по прибору в различные промежутки времени (без разбавления водой) представлено в **таблице 3**.

По результатам эксперимента был построен график изменения концентрации отобранного рассола в зависимости от глубины отбора с течением времени.

На графике видно, что во все трех точках отбора концентрация рассола в одно и то же время разная: чем выше точка отбора от дна, тем ниже концентрация рассола. Также анализируя полученный график, можно сказать, что во всех трех точках с начала эксперимента наблюдается резкое уменьшение значений концентрации рассола. С течением времени, в процессе размыва каменной соли, концентрация рассола в точках отбора начинала расти. Данное явление начинает прослеживаться после 90 минут проведения эксперимента.

#### Выводы

Полученные в работе данные свидетельствуют о стратификации рассола по высоте растворяемого образца. Это свидетельствует о том, что в первую очередь растворяется верхняя часть образца, а нижняя менее подвержена растворению. Полученные результаты необходимо учитывать в проектировании и при разработке организационно-технических мероприятий по мониторингу за состоянием резервуара в процессе его строительства. XXI

#### Литература

1. Мазуров В.А. Подземные газохранилища в отложениях каменной соли - М.: Недра. - 1982. - 212 с.
2. Казарян В.А. Подземное хранения газов и жидкостей. - Москва: Институт компьютерных исследований. - 2006. - 428 с.
3. Мазуров В.А. Научные основы сооружения в отложениях каменной соли подземных ёмкостей для хранения нефте- и газопродуктов. - дис. на соискания ученой степени доктора наук. - Москва: ВНИИПромгаз. - 1971. - 419 с.
4. Каратыгин Е.П., Кубланов А.В., Пустыльников Л.М., Чанцев В.П. Подземной растворение соляных залежей. - С. Петербург: Гидрометеонаиздат. - 1994. - 222 с.
5. Смайль Н.Ю. Закономерности формообразования подземной камеры при подземном растворении пластов каменной соли. - доклад на симпозиуме «Неделя горняка-2001». - Москва: МГГУ. - 2001 г. - 4 с.
6. Малюков В.П. Крупномасштабное моделирование строительства горизонтальных резервуаров в каменной соли при подземном растворении. - Москва: ГИАБ. - Семинар № 15. - 2005г.-208 с.
7. Малюков В.П., Шепилов А.А. Технологии создания выработок-емкостей при подземном растворении каменной соли. - Процессы в геосредах. - № 4. - 2020 г. - 936 с.

UDC 622.03

**V.A. Ageenko**, Candidate of Technical Sciences, specialist of the Testing Laboratory Center of the Engineering and Technical Center of Gazprom Geotechnology LLC, valera.ageenko@mail.ru

**O.S. Kravchenko**, Candidate of Technical Sciences, specialist of the Geology Department of Gazprom Geotechnology LLC, o.kravchenko.msu@inbox.ru

**R.A. Starostin**, Leading specialist of the testing laboratory center of the Engineering and Technical Center of Gazprom Geotechnology LLC, r.starostin@inbox.ru

## SMALL-SCALE MODELING OF THE PROCESS OF DISSOLUTION OF ROCK SALT DURING THE CONSTRUCTION OF UGS

**Abstract:** The paper considers the features of brine stratification by height when dissolving a sample of rock salt in laboratory conditions. The peculiarity of the dissolution of rock salt samples is demonstrated. Data on how the brine concentration changes during the experiment were obtained. It is also concluded that it is necessary to take into account these features of dissolution when developing organizational and technical measures to monitor the condition of underground gas storage facilities in rock salt during their construction.

**Keywords:** Rock salt, technology modeling, laboratory experiment, brine stratification, brine concentration, underground gas storage.

## Хроника законодательной работы

### Более 100 млрд тонн отходов недропользования войдут в экономику замкнутого цикла

За годы работы горнопромышленного комплекса России накопилось около 100 млрд тонн отходов недропользования, и этот объем ежегодно увеличивается. В прошлом году предприятия образовали почти 8,5 млрд тонн отходов, поэтому актуальность их вовлечения в хозяйственный оборот очевидна.

В весеннюю сессию Госдума приняла поправки к ФЗ «О недрах», направленные на урегулирование использования отходов недропользования, включая вскрышные и вмещающие горные породы, фосфогипс, золотшлаки и отходы производства черных металлов.

27 сентября на круглом столе «О вовлечении в хозяйственный оборот отходов недропользования», проведенном на площадке Комитета, обсуждался следующий круг вопросов:

- порядок использования отходов и порядок добычи полезных ископаемых и полезных компонентов из отходов;
- создание стимулов для вовлечения отходов недропользования в оборот;
- формирование необходимой нормативной правовой базы;
- изменение нагрузки на окружающую среду, определение платежной базы и порядок ее исчисления;
- наличие современных технологий.

В ходе круглого стола недропользователи обратили внимание на необходимость корректировки некоторых положений закона «О недрах» в части ограничения времени на переработку техпроектов и экологических документов, увеличения переходного периода для оформления документации, а также на отсутствие дополнительных участков земли для складирования вскрыши и необходимость выдачи разрешений на перевозку пород в другие регионы по назначению в случае признания их отходами. Кроме того, есть острая необходимость в разработке регламентов по процедурам вывода земель для складирования вскрышных пород.

Представители Российской академии наук отметили необходимость учета динамического изменения свойств отходов недропользования в зависимости от климатических условий – естественное окисление, растворение.

«Очевидно, что более тесное взаимодействие ответственных ведомств с представителями горнопромышленной отрасли должно сделать работу по вовлечению отходов недропользования эффективней. Главная задача экономики замкнутого цикла – сохранить ценность материалов и ресурсов как можно дольше. По мнению председателя Комитета Д.Н. Кобылкина, комплексный подход по вовлечению вскрышных и вмещающих пород в хозяйственный оборот необходим, это должно стать частью федерального проекта «Экономика замкнутого цикла».

### Половину бюджета страны формируют природные ресурсы

4 октября председатель Комитета Д.Н. Кобылкин прокомментировал параметры проекта федерального бюджета на 2023 год и плановые 2024 и 2025 годы:

«Почти половину доходов федерального бюджета обеспечивают природные ресурсы (нефть, газ, уголь, драгметаллы и т.п.). Поэтому во всех госпрограммах при подготовке федерального бюджета на 2023 год и плановые 2024 и 2025 годы важно особое внимание уделить бесперебойной работе данных отраслей экономики. В период мировой экономической нестабильности это важнейшая составляющая устойчивости социального благополучия граждан. Внутренние потребности страны мы полностью обеспечим. Значимыми проектами развития станут строительство газопровода «Сила Сибири-2», газификация регионов России, создание инфраструктуры СПГ на Камчатке, активизация Северного морского пути. И здесь синхронизация работ по разведке природных ресурсов, бесперебойному доступу к общедоступным полезным ископаемым сыграет важную роль. Значимой остается наука в Арктике и Антарктике: продолжатся работы на станции «Восток» и ледостойкой платформе «Северный полюс».

Воспроизводство и эффективное использование природных ресурсов – ключевая задача. Наши приоритеты – сохранение водных ресурсов. В бюджете предусмотрены средства на восстановление Нижней Волги, поднятие затонувших судов, решение проблем вододефицитных регионов, улучшение экологического состояния относительно небольших рек, но важных для жизнеобеспечения населенных пунктов, увеличены средства на модернизацию и строительство очистных сооружений для сохранения озера Байкал. В части сохранения лесных ресурсов средства направлены на минимизацию пожаров и обеспечение регионов необходимой техникой.

Расходы на охрану окружающей среды заложены в размере 142 млрд рублей. По мнению Комитета, здесь необходимо расставить приоритеты. Недостаточно усилий применяется для снижения объемов выбросов загрязняющих веществ в городах-участниках проекта «Чистый воздух». При ликвидации свалок и скважин особое внимание необходимо уделить тем объектам, которые оказывают наибольшее негативное влияние на качество жизни людей, создают риски для водных объектов, сельскохозяйственных земель, лесов.

Просто плыть по течению недостаточно. Необходимо определить четкие цели, собрать под их решение профессиональные кадры и соблюдать сроки работ. Только так мы можем избежать стагнации и выйти на новую траекторию развития».



**Ведомства должны представить единую позицию по законопроекту о повышающих коэффициентах за срыв сроков геологоразведки**

Сократить количество «спящих» лицензий на право пользования недрами – одна из задач законопроекта, проанализированного 17 октября на экспертном совете при Комитете.

Цель документа понятна – рациональное недропользование, но предлагаемый им альтернативный механизм вызывает вопросы, в том числе нет единой позиции по прогнозируемым финансово-экономическим результатам у профильных ведомств – Минприроды, Минэнерго и Росгеологии.

Сроки геологического изучения недр составляют 5 лет, а для отдельных регионов и континентального шельфа – 7 и 10 лет соответственно. В случае их нарушения законопроектом предлагается введение повышающих коэффициентов к ставке регулярных платежей до 100 раз.

Необходимо понимать, будут ли рассматриваться и учитываться причины задержки в каждом конкретном случае или под предлагаемый механизм попадут все без исключения. Кроме того, ФЗ «О недрах» позволяет продлить лицензию, но в текущей редакции законопроекта этот шаг приведет к росту платежа.

Комитет запросил данные по лицензиям – сколько уже отозвано и сколько под угрозой. Также необходимо актуализировать финансово-экономическую модель, заложенную в законопроекте, и еще раз проанализировать предлагаемый срок его вступления в силу в случае принятия. Для достижения своей цели документ должен отвечать на вопросы всех сторон – и надзорных органов, и недропользователей. С их участием продолжим прорабатывать законодательную инициативу на одном из ближайших заседаний.



На фото:  
Председатель комитета Д.Н. Кобылкин

**25 октября на экспертном совете Комитета был анонсирован законопроект «о лесных дорогах»**

Четыре актуальных вопроса поддержки лесного комплекса в текущей экономической ситуации стали темой экспертного совета Комитета Госдумы по экологии.

Первый касается отмены моратория на предоставление лесных участков, по которым таксация проведена больше 10 лет, таких насчитывается около 80% лесного фонда страны. Это почти миллиард гектаров. Возможностей Рослесхоза недостаточно, чтобы оперативно обновить устаревшие данные – нынешними темпами понадобится 40 лет. Соответственно, компании не могут получить эти участки для заготовки древесины, тормозится развитие целой отрасли.

Обсуждение проблемы показало, что отмена моратория на 2-3 года в интересах всех сторон, в том числе инициативу поддерживает Рослесхоз. Договорились подготовить соответствующую поправку в Лесной кодекс.

Также на заседании был анонсирован законопроект «о лесных дорогах». Этот документ разработан депутатами Госдумы совместно с Советом Федерации. Он создает условия по созданию, ремонту и эксплуатации лесных дорог, что очень важно для повышения оперативности тушения лесных пожаров, лесовосстановления и реализации инвестиционных проектов. Назрела необходимость наращивания активности в этом направлении.

Третий вопрос – об отсрочке внесения арендной платы за использование лесов для заготовки древесины. Большая часть регионов поддерживает инициативу. Нарботана успешная практика по отсрочке в Красноярском крае, она может стать ориентиром при решении задачи. Вопрос требует проработки, для чего создана рабочая группа, в составе которой депутаты, представители отрасли, профильных ведомств и органов власти.

Четвертый вопрос – снятие запрета на строительство в городских лесах линий связи и электропередачи, сетей газоснабжения, теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения.

Соответствующий законопроект подготовлен Заксобранием Нижегородской области. Его обсуждение вылилось в дискуссию, итогом которого стало решение о доработке документа с участием всех сторон. В том числе с изучением опыта регионов в части решения задач по газификации, которая затрагивала лесные территории муниципалитетов. XXI

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



РОССИЙСКИЙ  
НЕФТЕГАЗОВЫЙ  
САММИТ



ВНЕДРЕНИЯ  
ИННОВАЦИЙ

## ***X Российский Нефтегазовый Саммит***

10 ноября 2022 года в Москве состоялся X Российский Нефтегазовый Саммит, который прошёл при поддержке Российского Газового Общества, Российского Союза Химиков и Национальной Ассоциации по экспертизе недр.

Юбилейный Саммит приветственным обращением Организатора открыл Управляющий ГК «ЭНСО» Мицык Антон Владимирович, отметивший важность личных коммуникаций с экспертами отрасли и выстраивания новых партнерств, направленных на сохранение и развитие бизнеса.

Деловая программа мероприятия началась с Конгресса «Upstream и Downstream: настоящее и будущее», модератором которого выступил Соколов Александр Владимирович, директор по геологоразведке ООО «Петрогео» (программный партнер), а в качестве экспертов Давыдов Андрей Валерьевич – главный геолог ФБУ «ГКЗ», Григорьев Михаил Николаевич – директор ООО «Гекон», и Третьяков Андрей Викторович – директор Ассоциации организация в области недропользования «Национальная ассоциация по экспертизе недр». В ходе обсуждения поднимались вопросы по перспективам и проблемам нефтегазового комплекса России, влияния текущей политической ситуации на состояние отрасли. В процессе дискуссии удалось выслушать мнение представителей нефтегазовых предприятий и в форме опроса узнать, какое отношение у слушателей к некоторым актуальным вопросам.

Деловая программа Саммита продолжилась Сессией 1 «Импортозамещение в нефтегазовой отрасли», модерировал которую Митрейкин Александр Николаевич, заместитель директора департамента научно-технического развития и инноваций ПАО «НК «Роснефть». С докладом по теме «Перспективы российских технологий в условиях санкций ЕЭС и США» открыла сессию Чернышева Елена Александровна, заместитель заведующего кафедрой «Технологии переработки нефти» «Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина». Отечественные решения для предприятий нефтегазового сектора, представил Трыков Павел Алексеевич, руководитель Департамента по работе с ключевыми клиентами ГК «Север», Аэролодки и вездеходы «Север», рассказав об аэролодках и снегоболотоходах и об их применении на предприятиях. В поддержку отечественного производителя выступил и Мальков Александр Алексеевич, руководитель отдела продаж ГК HESS, рассказав о практике импортозамещения в направлении пластинчатых сварных теплообменников. Важные аспекты в вопросах взаимодействия различных отраслевых структур в ходе организации импортозамещения в нефтепереработки (нефтехимии), нефтедобыче и машинистоения в своем выступлении затронул Рудяк Константин Борисович, генеральный директор ООО «РН-ЦИР». В рамках сессии о научном подходе в вопросах импортозамещения технологий морской нефтегазодобычи рассказал Мансуров Марат Набиевич, главный научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Во время дискуссии эксперт сессии Бурасов Александр Валерьевич, менеджер по продуктовому развитию в полиолефинах ООО «СИБУР» поделился опытом перехода на отечественные решения и оборудование в компании.

Сессию 2 «Разведка и разработка месторождений» открыл приветственным обращением модератор Соколов Александр Владимирович, директор по геологоразведке ООО «Петрогео» (программный партнер). Актуальную тему для дискуссии осветила Шубина Анастасия Витальевна, заместитель начальника управления оперативного учета и геологических запасов УВС – начальник отдела геологических запасов УСВ, ФБУ «ГКЗ» в своем докладе о влиянии геологических условий залегания продуктивных отложений на обеспеченность запасов нефти текущей добычи. Базаревская Венера Гильмеахметовна, заместитель директора по научной работе в области геологии трудноизвлекаемых запасов Института ТатНИПИнефть в своем выступлении рассказала о направлениях геологоразведочных работ на участках ПАО «Татнефть» в сложных экономических и политических условиях. О состоянии нефтегазовой геологоразведки в России, поисковом конвейере и венчурных проектах доложила Хмелевская Лана Александровна, консультант ООО «Северо-Уральская нефтегазовая компания».

Вопросы сегмента Downstream поднимались в Сессии 3 «Нефтегазопереработка и нефтегазохимия», модератором которой выступил Борисанов Дмитрий Владимирович, начальник исследовательской лаборатории ПАО «Славнефть-ЯНОС», к.т.н., заслуженный изобретатель РФ, лауреат премий ПАО «Газпром» в области науки и техники, Министерства энергетики РФ, премии



имени П. А. Столыпина, открыв сессию своим выступлением на тему «Современные подходы в получении реактивного топлива». В рамках сессии отечественные технологии для нефтегазовой отрасли презентовала **Ахмадуллина Альфия Гариповна**, ИП, владелец ООО «НТЦ «Ахмадуллины», подробно поделившись опытом и результатами внедрения решений на предприятиях. **Глаголенко Станислав Юрьевич**, начальник управления продаж ООО «Газпромнефть-Каталитические системы», в своем выступлении рассказал об уникальной технологии выпуска катализаторов гидроочистки дизельного топлива SELECTUM-301.

Заключением деловой повестки Саммита стала **Сессия 4 «Технологическая безопасность»**, в роли модератора которой выступил **Остах Сергей Владимирович**, доцент кафедры промышленной экологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. Об устойчивости функционирования объектов нефтегазового комплекса слушателям рассказала **Морозова Оксана Александровна**, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра «Оценка рисков и предупреждение чрезвычайных ситуаций» ВНИИ ГОЧС МЧС России. В свою очередь, Остах Сергей Владимирович, доцент кафедры промышленной экологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, представил вниманию аудитории доклад по организации эшелонированной системы защиты объектов топливно-энергетического комплекса. Эксперты сессии **Кудашев Шамиль Ринатович**, главный специалист по научной и инновационной деятельности, ООО «БИОЭН Терминал», и **Алябьев Андрей Степанович**, начальник научно-технического центра ООО «Газпром нефтехим Салават», во время дискуссии подчеркнули важность вопроса обеспечения безопасности на предприятиях нефтегазового сектора и поделились опытом организации работ в компаниях.

Подведение итогов Саммита прошло в неформальной обстановке, во время фуршета, где участники имели возможность продолжить обсуждение интересных тем и принять участие в розыгрыше ценных призов от спонсора подарков компании **Yamaguchi**.

Параллельно с деловой программой Саммита весь день работала фокус-выставка, спонсором которой стала компания **Гравитон (3Logic Group)**, а также свои стенды представили компании **ЭМИС** и **Yamaguchi**. Специальными участниками Саммита выступили компании **БурСервис** и **Ньютех Велл Сервис**.

В Саммите приняли участие представители нефтегазовых компаний: Газпром, Газпром ВНИИГАЗ, Астраханский газоперерабатывающий завод, Газпром нефтехим Салават, Салаватский химический завод, Газпром недр, Газпромнефть-Заполярье, ЛУКОЙЛ-Инженерные Навыки и Компетенции, ЛУКОЙЛ-Инжиниринг, ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез, НК Роснефть, РН-ЦИР, РН-Эксплорейшн, НК РуссНефть, ДИАЛЛ АЛЪЯНС, НК Дулисьма, Северо-Уральская нефтегазовая компания, Славнефть-ЯНОС, СИБУР, БИОЭН Терминал, ФортеИнвест, НедрБизнесКонсалтинг, НК Нефтиса и других, и представители научных и проектных институтов, государственных структур. Гости Саммита оценили высокий уровень организации мероприятия, актуальность вопросов деловой программы и важность личного общения с коллегами. **XXI**



Официальный сайт мероприятия: <http://www.rogsummit.ru/>

Сайт организатора: [www.ensoenergy.org](http://www.ensoenergy.org)

Тел.: +7 812 701 08 90

e-mail: [info@ensoenergy.org](mailto:info@ensoenergy.org)

**60 ЛЕТ Игорю Владимировичу Соколову**  
**Директору Института горного дела РАН,**  
**доктору технических наук,**  
**действительному члену Академии горных наук**



Соколов Игорь Владимирович в 1984 г. окончил Свердловский горный институт, начал свой трудовой путь в качестве горного мастера и продолжил в должности главного обогатителя на прииске «Буркандья» ПО «Северовостокзолото». После возвращения в г. Свердловск, в период с 1988 по 1994 гг. работал в лаборатории подземной разработки рудных месторождений института «Унипромедь», возглавляемой профессором Ю.В. Волковым. С 1994 г. трудится в Институте горного дела УрО РАН в должностях научного сотрудника, после защиты кандидатской диссертации в 2000 г. – старшего научного сотрудника, а с 2010 г. – заведующего лабораторией подземной геотехнологии. По результатам крупного обобщения многолетних исследований, в 2012 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук «Обоснование конструкции и параметров подземной геотехнологии при комбинированной разработке рудных месторождений Урала». В 2019 г. был избран на должность директора Института горного дела УрО РАН

За время работы в ИГД УрО РАН Игорь Владимирович проявил себя как талантливый, инициативный и добросовестный исследователь. Сейчас он признанный специалист в области подземной и комбинированной геотехнологии освоения рудных месторождений, автор более 250 публикаций, в т.ч. 6 монографий и 13 изобретений.

Основные научные результаты:

- установление закономерностей развития горнотехнических систем при комбинированной разработке рудных месторождений;
- решение научно-практической проблемы обоснования параметров подземной геотехнологии освоения переходных зон;
- создание комплексной инновационной геотехнология добычи и переработки высокоценного кварцевого сырья.

Под руководством Игоря Владимировича и при его непосредственном участии выполнен ряд фундаментальных и прикладных научных исследований, технологических регламентов и проектов по подземной разработке трубки «Удачная», Гайского, Учалинского, Сибайского, Молодежного, Саткинского, Естюнинского, Квайсинского, Джусинского, Джульетта, Урупского, Сарбайского, Тарыннахско-Горкитского, Кыштымского, Малышевского, Ветренского и других месторождений. Внедрение результатов этих работ позволило существенно повысить эффективность и безопасность освоения данных месторождений.

Игорь Владимирович много уделяет внимания и оказывает научно-методическую помощь молодым сотрудникам института в подготовке диссертаций, под его научным руководством двое из них защитили кандидатские диссертации. Тесную связь Игорь Владимирович поддерживает с учебными заведениями, в частности с Уральским государственным горным университетом, Магнитогорским государственным техническим университетом им. Г.И. Носова и Уральским колледжем им. И.И. Ползунова. Высокая эрудиция и научный авторитет позволяют Игорю Владимировичу достойно представлять наш Институт в Уральском отделении РАН, в работе двух диссертационных советов, членом которых он является, а также при его активном участии в работе многочисленных научных симпозиумов и конференций.

За свои научные достижения Игорь Владимирович награжден Почетными грамотами Президиума Уральского Отделения РАН, Председателя Правительства Свердловской области, благодарностью полномочного представителя Президента РФ в УрФО, Почетным дипломом имени акад. Л.Д. Шевякова. В 2022 году ему была присвоена Премия РАН имени академика Н.В. Мельникова за научную работу «Инновационный базис стратегии комплексного освоения ресурсов минерального сырья».

**Коллектив Института горного дела УрО РАН, Горнопромышленная ассоциация Урала, Уральское отделение Академии горных наук сердечно поздравляют Игоря Владимировича с юбилеем, желаем доброго здоровья, счастья, дальнейших творческих достижений и успехов на ответственном посту!**



# МЫ РАБОТАЕМ, ВЫ РАЗВИВАЕТЕСЬ



**IMC Montan**

## Консалтинговые услуги в горнодобывающей промышленности

- горно-геологический аудит
- оценка ресурсов/запасов
- отчет компетентного лица
- инженерно – технический консалтинг
- стратегии развития

## Чем мы отличаемся от других компаний?

- Успешная реализация 350 проектов с 1992 года
- Команда лучших экспертов горной, геологической, перерабатывающей, экономической, и др. областях
- Опыт международной группы

Адрес: 125047, г.Москва,  
ул. Чайнова 22 стр. 4

Тел.: +7 (499) 250 67 17;  
Факс: +7 (499) 251 59 62

[www.imcmontan.ru](http://www.imcmontan.ru)  
[consulting@imcgroup.ru](mailto:consulting@imcgroup.ru)



**Грудницкий М.В.**  
Научный сотрудник Ассоциации «НТЦ ИН»

## Обзор лицензирования и добычи углеводородов на акваториях Российской Федерации

Статья содержит обзорные данные по состоянию лицензирования и добыче углеводородов на континентальном шельфе, в территориальных морях и внутренних морских водах Российской Федерации.

По состоянию 4 квартал 2022 года на акваториях Российской Федерации действуют 144 лицензии на углеводородное сырье, принадлежащие 34 компаниям. Из них 120 лицензий, предоставляющих право на проведение работ на континентальном шельфе, в территориальном море и во внутренних морских водах Российской Федерации, принадлежат 25 недропользователям.

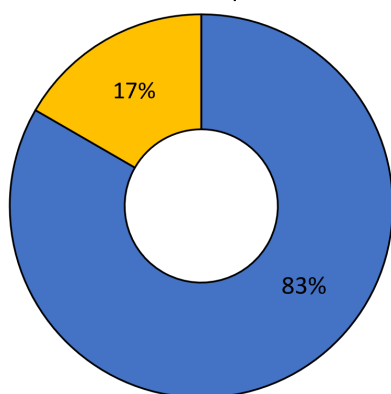
Кроме морских лицензий, в территориальном море и внутренних морских водах Российской Федерации действуют 24 транзитные лицензии (участки суша-акватория), выданных с целью поисков, разведки и добычи УВС, принадлежавших 13-ти недропользователям.

### Территориальное расположение действующих лицензий

83 лицензий расположены на континентальном шельфе, 13 лицензий – во внутренних морских водах, 11 лицензий – в территориальном море, 5 лицензий – в Российском секторе Азовского моря, 8 лицензий – в Российском секторе Каспийского моря.

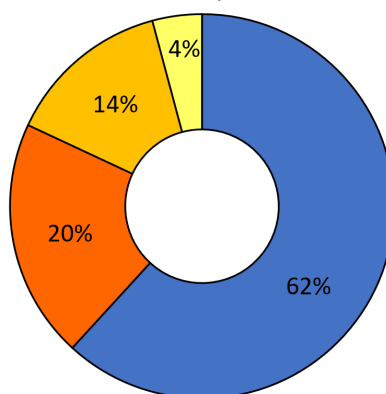
В целом, распределение по акваториям следующее: 89 лицензий – в арктических морях, 29 лицензий – в дальневосточных морях, 20 лицензий – в южных морях, 6 лицензий – в Балтийском море.\*

Морские и транзитные лицензии на шельфе РФ



■ морские лицензии  
■ транзитные лицензии

Распределение лицензий по акваториям РФ



■ Арктические моря  
■ Дальневосточные моря  
■ Южные моря  
■ Балтийское море

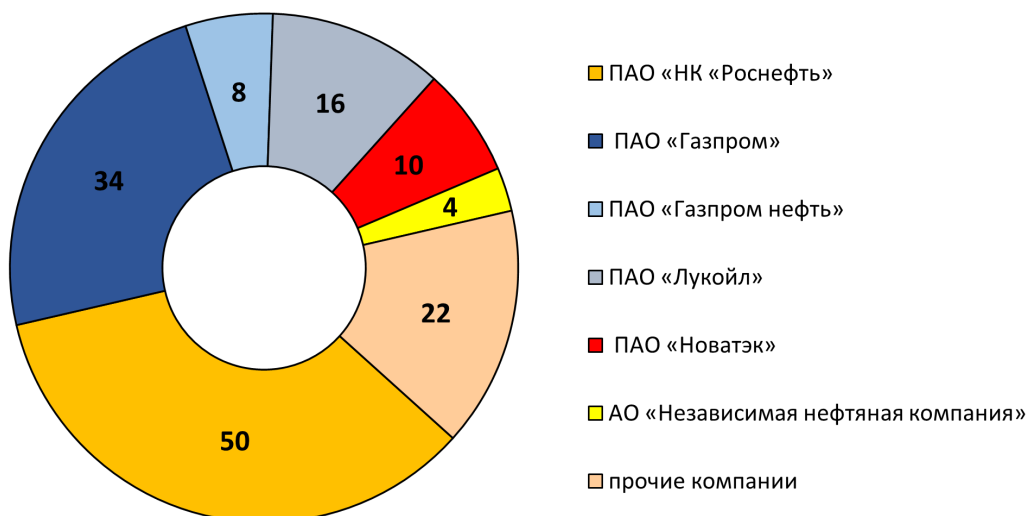
\*Следует отметить, что сравнение числа лицензий по акваториям не учитывает размеры лицензионных участков.

### Недропользователи

Распределение лицензий по основным недропользователям (включая дочерние и зависимые общества) выглядит следующим образом: ПАО «НК «Роснефть» – 50 лицензий, ПАО «Газпром» – 34 лицензии, ПАО «Газпром нефть» – 8 лицензий, ПАО «Лукойл» – 16 лицензий, ПАО «Новатэк» – 10 лицензий; АО «Независимая нефтяная компания» – 4 лицензии; прочие компании – 22 лицензии.



Распределение лицензий на шельфе РФ  
по основным недропользователям



### Добыча углеводородов на акваториях Российской Федерации

В настоящее время доля добычи нефти и газа на морских объектах Российской Федерации сравнительно невелика. Доля морской нефти – 5,7% общероссийской добычи, газа – 5%. Большая часть морской добычи нефти и практически вся добыча газа приходится на проекты, работающие по соглашениям о разделе продукции в Охотском море – «Сахалин-1» и «Сахалин-2».

В Каспийском море довольно активно наращивает нефтедобычу ПАО «Лукойл» (порядка 25% от общероссийской добычи нефти на шельфе). В Печорском море добычу производит ПАО «Газпром нефть» (платформа «Приразломная» – около 11% от общероссийской добычи нефти на шельфе). Ведется добыча в Черном, Азовском и Балтийском морях, но объемы производства там незначительны (около 1%).

Значительное развитие получило недропользование на участках в транзитной зоне (акватория – суша). Наиболее перспективными из них в настоящее время являются месторождения и объекты, подготовленные для глубокого бурения на углеводородное сырье, расположенные в транзитных зонах и территориальных водах Печорского моря, губах и заливах Карского моря. Их освоение значительно менее затратно, поскольку бурение скважин возможно с прибрежной суши.

Отдельно следует выделить Арктический шельф Российской Федерации, где в силу удаленности от берега, значительной глубины моря, а также климатических условий, добыча углеводородов в настоящее время экономически не оправдана. Также следует отметить отсутствие отечественных технологий и оборудования для поисково-разведочного бурения на шельфе.

Тем не менее, освоение Арктического шельфа постепенно продолжается. В период 2014 – 2022 гг. на Арктическом шельфе Российской Федерации было открыто 9 (5 уникальных и 4 крупных) месторождений углеводородов: Победа, Центрально-Ольгинское, Северо-Обское, им. А. В. Динкова, Нярмейское, им. Г.К. Жукова, им. К.К. Рокоссовского, 75 лет Победы и Мадачагское. XXI

*The article contains an overview on the state of licensing and production of hydrocarbons on the continental shelf, in the territorial seas and internal sea waters of the Russian Federation.*



**Герт А.А.**  
президент по науке  
Ассоциации «НТЦ ИН», д.э.н.

## **«ВЭФ-2022; Потенциал территории Дальнего Востока – на укрепление минерально-сырьевой базы страны»**

Большое внимание к ВЭФ-2022, прошедшему 5-8 сентября во Владивостоке, было обусловлено двумя факторами. Первый – Дальний Восток занимает доминирующую позицию по добыче полезных ископаемых, а также обладает огромным потенциалом для наращивания отечественной минерально-сырьевой базы. В регионе насчитывается более 6 500 месторождений твердых полезных ископаемых и углеводородов. Второй – неизбежный разворот экономических связей и соответственно логистических цепочек в восточном направлении. Обращает на себя внимание то, что нынешний форум характеризуется возросшей координацией органов госуправления и бизнеса в решении стратегических задач. В обсуждении проблем минерально-сырьевого комплекса приняли участие Александр Козлов (Министр природных ресурсов и экологии Российской Федерации), Владимир Верховцев (генеральный директор АО «АРМЗ», Горнорудный дивизион ГК «Росатом»), Сергей Журавлев (вице-президент ПАО «Полюс»), Алексей Цыденов (Глава Республики Бурятия), Владислав Чирков (главный геолог – заместитель генерального директора ПАО «Сургутнефтегаз»), Анна Цивилева (генеральный директор, председатель совета директоров АО «Колмар Групп»).

Выступление Министра природных ресурсов и экологии РФ **А.А. Козлова** было сосредоточено на конкретных мерах, принимаемых Министерством для повышения инвестиционной привлекательности геологоразведки и освоения месторождений. **В частности, были отмечены следующие результаты:**

1) реформа 123-Закона в части цифровизации отрасли – переход лицензирования в электронную форму, электронные аукционы и электронные лицензии, сокращение сроков по всем процедурам лицензирования;

2) увеличение по «заявительному» принципу площадей участков со 100 до 500 км<sup>2</sup> и количества участков в «одни руки» с 3 до 5;

3) доступ частного бизнеса в региональный этап геологоразведки и свободный оборот поисковых лицензий (законопроект внесен в Правительство).

В ближайшее время будет реализовано:

1) сокращение разрешительных процедур для ускоренного ввода карьеров ОПИ в разработку до 30 дней;

2) формирование механизма «одного окна» для ускорения процедур оформления недропользователями разрешительной документации;

3) создание новых механизмов стимулирования геологоразведки по стратегическим видам полезных ископаемых для снижения импортозависимости (новая Программа и новые финансовые инструменты поддержки);

4) стимулирование ТРИЗ для поддержания действующих проектов обеспечивающих жизнь моногородов;

5) продление антикризисных мер поддержки недропользователей на 2023 год.

**В. Н. Верховцев**, Генеральный директор Уранового холдинга «АРМЗ» отметил уже проделанную Минприроды эффективную работу по поддержке отрасли редких и редкоземельных металлов.

**На сегодняшний день реализованы следующие поддерживающие мероприятия:**

1. Снижена базовая ставка НДС при добыче руд редких металлов с 8 до 4,8 %. При этом для новых проектов установлена инвестиционная налоговая льгота, дополнительно снижающая НДС в 10 раз на 10 лет (изменения введены с 2020 года). Реализация этой меры значительно повысила инвестиционную привлекательность редкометаллических проектов.

2. По значительной части редких и редкоземельных металлов открыты сведения (о запасах, добыче), ранее отнесенные к государственной тайне (изменения введены с 2021 года). Это существенно упростило режим информационного обмена и привлечение в проекты частных инвесторов и партнеров.



3. Утверждена новая методика расчета стартового размера разового платежа за пользование недрами, которая позволила снизить его для месторождений редких металлов более чем в 10 раз (изменения введены с 2022 года).

В тоже время в октябре 2020 года в налоговом законодательстве для металлов и удобрений введен повышающий рентный коэффициент КРЕНТА к ставке НДС, равный 3,5 для изъятия «сверхдоходов», полученных при благоприятной конъюнктуре. Под его действие также почему-то попали редкие и редкоземельные металлы, хотя по ним практически нет действующих проектов. Это нельзя считать проявлением последовательной налоговой политики. **Поэтому предлагается:**

1. Установить для редких металлов в Налоговом кодексе рентный коэффициент к ставке НДС КРЕНТА, равный 1 без предварительных условий.

2. Положительный опыт, полученный при стимулировании редкометалльных проектов, распространить на импортозависимые, дефицитные виды стратегического минерального сырья и вести для них такую же инвестиционную налоговую льготу, снизив НДС в 10 раз на 10 лет.

Это позволит интенсивно развивать такие проекты как создание производства на базе Туганского месторождения в Томской области. Продукция ГОКа высоко востребована на российском рынке предприятиями металлургической промышленности и атомной отрасли и позволит достичь полного импортозамещения в производстве титановых и циркониевых концентратов.

3. Серьезным стимулом для поиска новых месторождений дефицитных видов стратегического минерального сырья станет возмещение расходов недропользователя на геологоразведку через уменьшение налога на прибыль с повышающим коэффициентом 1,5. ГРП на начальном этапе разработки месторождения осуществляются преимущественно за счет заемного проектного финансирования. Уменьшение налога на прибыль на величину осуществленных разведочных работ позволило бы недропользователю сформировать дополнительный источник для погашения займов и кредитов и высвободить средства для дальнейшего развития. Подобная мера для морских месторождений углеводородов привела к открытию крупных месторождений в Охотском море. Предлагаем распространить этот опыт на геологоразведочные работы на твердые полезные ископаемые.

Вице-президент ПАО «Полус» **С.И. Журавлев** отметил, что с прошлогоднего ВЭФ «Полус» тесно взаимодействовал с Минприроды над реализацией, выданных по итогам форума поручений Президента. Большая часть из таких инициатив уже нормативно закреплена, а в ближайшее время ожидаем принятия законопроекта о свободном обороте поисковых лицензий. В свою очередь, бизнес готов инвестировать и инвестирует в рискованные геологоразведочные проекты; продолжается строительство новых добывающих предприятий. При этом сейчас очень важно сократить риски отказа в получении добычной лицензии по итогам проведенного



геологического изучения. А также нормативно упростить и ускорить практические сроки подготовки месторождения к началу эксплуатации.

**С этой целью мы предлагаем следующие меры:**

1) Модифицировать нормативно закреплённый механизм первооткрывательства. Необходимо расширить основания для безаукционного получения добычной лицензии на поисковом участке, полученном недропользователем по заявительному принципу, особенно для объектов, на которых запасы полезных ископаемых были ранее списаны с государственного баланса запасов, и соответственно по ним возникают сложности для получения добычной лицензии

Аналогичным образом необходимо урегулировать процесс выдачи лицензий на техногенные месторождения. Считаем, что введение нормативной процедуры предоставления техногенных объектов и объектов со списанными запасами в пользование будет как никогда своевременно и актуально.

Необходимо также упростить процедуры оформления прав на лесные и водные ресурсы при наличии лицензии на пользование недрами. В настоящее время недропользователь тратит порядка двух с половиной лет только на оформление разрешительных документов.

Необходимо включить всю информацию об ограничениях и запретах на этапе подготовки участка недр к лицензированию. Компаниям важно планировать и правильно оценивать свои возможности для добросовестного выполнения взятых на себя обязательств. Получая лицензию в результате аукциона, недропользователь уже готов к работе и вложениям в проект, однако может столкнуться (и зачастую сталкивается) с ограничениями, связанными с охраняемыми режимами водных и лесных ресурсов, зон ООПТ.

Решение видим в создании общедоступных информационных систем на базе Минприроды, содержащих сведения о запретах и ограничениях лесного и водного законодательства. Получение актуальной информации из таких систем значительно упростит недропользователям оценку перспектив освоения объекта и участия в аукционе.

Полагаем, что реализация изложенных инициатив при поддержке коллег из Минприроды, обеспечит стабильную добычу полезных ископаемых и поддержит геологическую отрасль в целом.

Глава республики Бурятия **А.С. Цыденов** обратил внимание на необходимость обеспечения возможности оперативного доступа к инертным материалам для предотвращения последствий чрезвычайных ситуаций. Предложил рассмотреть возможность внесения изменений в Федеральный закон № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях», направленных на разведку и добычу минеральных и термальных вод (нацпарк «Тункинский»)

**В. Л. Чирков** – главный геолог – заместитель генерального директора, ПАО «Сургутнефтегаз» сосредоточил свое выступление на необходимости вовлекать в эксплуатацию ТРИЗ и поддерживать добычу на обводненных месторождениях (соотношение вода/нефть: было 20/80, стало 80/20).

Ежегодно в России добывается 550-560 млн т. нефти, из которых ТРИЗ – 110 млн т. На примере Сургутнефтегаза: на балансе компании числится 117 месторождений с суммарными запасами нефти 1,6 млрд тонн (из них ТРИЗ, подпадающие под льготы 1,1 млрд тонн или 70%). При этом, большое количество месторождений являются спутниками таких городов, как Сургут, Лянтор, Федоровский, Нижнесортный. На этих месторождениях задействовано 115 тыс. сотрудников (из 500 тыс. жителей этих городов). Не допустить деградации этих городов и снижения уровня жизни – вопрос социально-экономический. В связи с этим предлагается внести изменения в Налоговый кодекс с целью введения понижающего коэффициента к ставке НДС в отношении отдельных категорий запасов углеводородного сырья. Также предлагается незамедлительно приступить к разработке проекта ФНТП «Научно-технологическое стимулирование технологий разработки ТРИЗ».

**А.Н. Цивилева**, председатель совета директоров АО «Колмар Групп» посвятила свое выступление стимулированию производства высокорентабельных продуктов на основе минерального сырья. Для угольной промышленности это продукт с максимальной маржинальной стоимостью - угольный концентрат, который успешно используется в металлургической отрасли в странах АТР. Для достижения целевых показателей «Колмар» строит новые перерабатывающие предприятия. Сегодня в активе Группы компаний, помимо 3 шахт, 3 обогатительные фабрики. Продолжается строительство второй очереди крупнейшей фабрики «Инаглинская-2». Реализация стратегии развития позволит довести общий объем переработки на всех предприятиях «Колмар» до 20 млн тонн угля. На выходе получаем высококалорийный концентрат, который используется металлургами в шихте. При этом цена концентрата в 2-2,5 раза превышает цену энергетического угля. Это позволяет, учитывая волатильность рынка, пережить кризисы угольной отрасли.

**Для повышения экономической эффективности и конкурентоспособности российской угольной отрасли предлагаем к рассмотрению на государственном уровне следующие предложения**



**Блок 1.** Повышение экономической эффективности добывающей отрасли за счёт создания продуктов высокого передела

- Пересмотреть механизм начисления НДС для коксующихся углей для снижения себестоимости продукции металлургической отрасли – осуществить возврат к предыдущей схеме налогообложения (с применением дефляторов) с перерасчетом ранее начисленных сумм НДС за период с начала 2022 г. В первом полугодии 2022 года НДС по существующей формуле в 3 раза превысил уровень прошлого года – 540 руб./т против 170 руб./т.

- Продлить льготный период налога на прибыль для резидентов ТОСЭР – на период 2022-2024 г. установить ставку 0%, с 2025 по 2029 г. 13%, далее 20%.

- Обеспечить получение льготного кредитования со ставкой не выше 6% для компаний, которые находятся в стадии реализации инвестиционных проектов.

**Блок 2.** Импортзамещение

- Развивать машиностроение в области добычи угля – необходимы современные машины для открытых и подземных работ, минимизирующих риски для здоровья и жизни рабочих, влияние на окружающую среду и, при этом, максимально автоматизировано, с высочайшей производительностью.

- Развивать технологии переработки (обогащения) угля – экспортная реализация в Китае необогащенного коксующегося угля в качестве энергетики за период 2017-2021 г. была 2 раза менее эффективна, чем реализация обогащенного концентрата (101\$/т против 213\$/т).

- Необходимо развивать ж/д логистику – производство современных инновационных вагонов, локомотивов, производство рельсов для строительства железной дороги, производство современных опрокидывателей для выгрузки угля, строительство современных терминалов в порту, хранилищ и складов, буксиров, погрузчиков и тд.

- Поддерживать машиностроительные предприятия с целью импортзамещения высокотехнологичного зарубежного оборудования через механизм субсидирования процентных ставок по кредитам для производителей горно-шахтного оборудования.

**Блок 3.** Повышение эффективности продаж предприятий угольной отрасли

- Проработать на правительственном уровне продление беспошлинной продажи угля в КНР из РФ до 2025 г. – Правительство КНР снизило до 0% импортные пошлины на все виды угля только до 31.03.2023.

- Смягчить требования валютного регулирования – снизить риски оборотных штрафов в случае задержек платежей от иностранных покупателей.

- Сформировать условия для переноса трейдинговых подразделений сырьевых компаний из иностранных юрисдикций в РФ – обеспечить для участников торгового оборота условия, аналогичные иностранным режимам. Например, использовать опыт создания специальных административных районов – офшорные зоны в Калининграде и Владивостоке (о. Русский).

- Обеспечить вывоз по железной дороге запланированных объемов продукции – синхронизировано с решениями Правительства РФ по развитию провозной способности Восточного полигона РЖД. Приоритетно увеличение пропускной способности до объемов свыше 200 млн тонн грузов год.

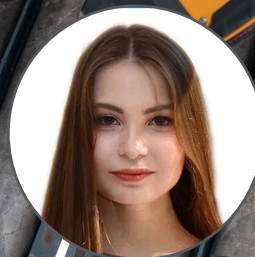
- Не допускать принятия законодательных инициатив по существенному росту тарифов на услуги ОАО «РЖД» для системообразующих предприятий.

- Увеличить пропускную способность пограничного перехода Маньчжурия – Забайкальск, а также максимальное использование мультимодальных возможностей недавно открытого автомобильного пункта пропуска Хэйхэ – Благовещенск.

**Резюмируя** прозвучавшие предложения модератор сессии, **Олег Казанов**, директор Всероссийского института минерального сырья им. Н.М. Федоровского, отметил среди важнейших предложение о Проекте обеспечения сырьевой безопасности Российской Федерации с разработкой программы геологического изучения, технологической и технико-экономической переоценки на стратегические виды сырья. Важнейшими являются вопросы правовой основы геологического изучения техногенных месторождений, задача беспрепятственного использования инертных материалов при ликвидации меры стимулирования ГРП, применение повышающих коэффициентов к вычетам затрат на геологоразведку из налога на прибыль. Необходимо продолжить нашу совместную работу с недропользователями, Минфином и экспертным сообществом по анализу экономических механизмов стимулирования геологоразведочных работ на стратегические виды минерального сырья. XXI

**Горкин Г.М.**

аспирант, младший научный сотрудник  
лаборатории «Сравнительного анализа  
осадочных бассейнов»  
gorkin\_g96@mail.ru

**Фомина В.В.**

младший научный сотрудник  
valery.fomina17@gmail.com

## ПЛАНИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПАНИЕЙ

*В современных условиях, характеризующихся высокой степенью изменчивости внешней среды, планирование бизнеса является управленческими инструментами, который способствует повышению конкурентоспособности фирмы, позволяет осуществлять контроль достижения стратегических целей бизнеса разного масштаба, занятого в различных отраслях. Особое значение планирование приобретают для геологических инновационных компаний, характер деятельности которых обуславливает большую степень неопределенности, множество воздействующих на бизнес факторов и рисков, которые могут быть учтены при планировании наряду со способами их хеджирования.*

**Ключевые слова:** планирование, геология, управление в геологии, геологический менеджмент.

Планирование является относительно молодой областью наук, поэтому на сегодняшний день существует большое количество споров о терминологии данного направления, не говоря уже о содержании. Это подтверждает степень научной новизны работы. Первыми изучали данные вопросы ещё А. Файоль, А.И. Файнберг. Среди наших современников над данной проблемой работают такие учёные как Якименко К. П., Бондаренко Е. И., Драпкина Г. С., Дикарев В. Н., Минина Л. С. и Манаков Л. Ф.

Однако, несмотря на такое большое количество работ, посвящённых данной проблеме, остаётся большое количество неопределённостей не только в практическом использовании концепций планирования, но и теоретическом определении.

**Сущность и роль планирования.** Термин «планирование» трактуется по-разному. По мнению Е.И. Бондаренко, планирование представляет собой процесс моделирования деятельности предпринимательской структуры на определённый период [1]. Г.С. Драпкина и В.Н. Дикарев определяют планирование как умение предвидеть цели организации на перспективу, способы их реализации, ресурсное обеспечение и контроль за достижением поставленных целей [2]. В свою очередь, Л.С. Минина и Л.Ф. Манаков дают планированию более широкое определение: не просто умение предусмотреть все необходимые действия, но также способность предвидеть любые неожиданности, которые могут возникнуть по ходу дела, и уметь с ними справляться.



Все эти определения характеризуют планирование по-своему, поэтому наиболее полным представляется определение данное К.П. Якименко: планирование – это важная функция для предприятия (организации), благодаря которой предприятие (организация) может видеть своё текущее состояние, будущее положение предприятия (организации) и сравнить его с прошлыми показателями. И на основе полученных данных или улучшать работу предприятия (организации), или оставить всё как есть [3].

Главной задачей планирования является прогнозирование, которое также может выступать самостоятельным методом минимизации рисков на более мелких производственных уровнях. Прогнозирование – деятельность, направленная на выявление и изучение возможных альтернатив будущего развития фирмы. Основная цель прогноза – определить тенденции факторов, воздействующих на конъюнктуру рынка[4].

Любая геологическая компания работает в условиях неопределённости и в зависимости от сферы её деятельности эта неопределённость имеет разный масштаб. Планирование позволяет компании найти ответы на множество вопросов, представленных на **рис. 1**, которые позволяют определить основные направления дальнейшего развития.

Отвечая на эти вопросы, необходимо иметь чёткие измеримые показатели производства, продаж или выручки и т.д. Только такой подход позволяет объективно оценивать положение компании в настоящий момент, наметить измеримые цели в будущем и рассчитать ресурсы, благодаря которым может быть достигнут планируемый результат.

Однако некорректно говорить о полном выполнении бизнес-планов, поскольку процесс планирования не должен прерываться. Он требует постоянной корректировки с учётом измен-

чивости внешней среды. Объём производства и затраты, связанные с ним, должны изменяться в соответствии с доходами, получаемыми от реализации продукта. Планирование должно обеспечить развитие организации по наиболее выгодному для неё пути. Такая модель не позволяет избежать рисков, но обеспечивает минимальные потери.

Более подробный подход к определению причин необходимости планирования в каждой организации представлен в работе А.Н. Петрова, который считает, что «организации должны планировать, чтобы:

- координировать свою деятельность;
- гарантированно принять во внимание будущее;
- быть рациональными;
- осуществлять контроль;

• максимально возможно снизить неопределённость результата (повысить вероятность достижения намеченных целей)».

Зная все перечисленные возможности, которые предоставляет планирование, руководитель сможет принять верное решение по дальнейшему развитию компании.

Представляется, что план развития бизнеса включает в себя наиболее подробное рассмотрение каждого пункта. В совокупности такой анализ позволит руководству принять наиболее рациональные решения. Наиболее наглядно это иллюстрируется горизонтом планирования (**рис. 2**).

Отражённая на рисунке динамика неопределённости результата характеризуется множеством внешних и внутренних факторов, основная задача руководителя здесь заключается в том, чтобы сделать правильный выбор в момент минимального диапазона неопределённости.

Таким образом, становится очевидной сложность всего процесса планирования. Поэтому в крупных компаниях целые отделы занимаются планированием. Можно отметить следующие



**Рис. 1.**  
Наиболее значимые вопросы в системе планирования [5].

специфические черты характерные для системы планирования на предприятии: процесс подготовки принятия решений является непрерывным и основывается на конкретных измеримых целях, а сама система должна быть гибкой и адаптивной к изменениям как внешней, так и внутренней среды.

#### Классификация и содержание планов.

Одной из целей планирования является вовлечение всего персонала организации для реализации плана – качественного решения комплекса задач, выполнения работ, направленных на достижение конечного результата. Планирование призвано обеспечить взаимосвязь между отдельными структурными подразделениями предприятия, которые имеют отлаженную технологическую цепочку.

Эффективность планирования во многом зависит от того, чем руководствуется менеджер при составлении плана и каких принципов он придерживается. Выделяют следующие принципы планирования деятельности предпринимательских структур[7]:

- принцип стратегирования деятельности предприятия (согласованность с целью компании);
- принцип системности и использования научного подхода;
- принцип сбалансированности иерархии планов предприятия (все планы, которые разработаны предприятием, должны быть
  - сопоставлены и согласованы друг с другом);
  - принцип обязательности (директивности) исполнения планов предприятия (планы реализуются, если они имеют обязательный характер).

Другими словами, для составления плана необходимо учитывать тот факт, что организация

представляет собой единую систему, в которой все составляющие элементы взаимосвязаны и преследуют одну и ту же цель – ту, которая поставлена перед всем предприятием.

Процесс планирования не является единовременным действием. Это непрерывный, постоянный процесс, в котором в зависимости от переменчивости и стихийности экономической ситуации реализуются те или иные планы. Эффективное управление организацией на основе подготовленных планов означает минимизацию рисков и финансовых потерь. Теоретик и практик менеджмента, основатель административной школы управления А. Файоль утверждал: «Управлять – это предвидеть, а предвидеть – это уже почти действовать.»[8]. Именно он сформулировал четыре основных принципа планирования, такие как точность, гибкость, непрерывность, единство.

Американский учёный в области теории систем и менеджмента Р. Акофф дополнил этот список ещё одним принципом – участия.

Принцип участия говорит о том, что в работе предприятия, как единой системы, должен участвовать каждый субъект структурной единицы, поскольку процесс планирования затрагивает весь персонал компании.

Для облегчения процесса планирования и сокращения риска возникновения негативных факторов, влияющих на снижение финансового результата компании, необходимо классифицировать планы. Представляется возможным выделить следующие виды планов в зависимости от разных признаков:

1. По степени охвата: планирование на уровне государства (федеральном уровне) и на уровне организации (бизнеса).

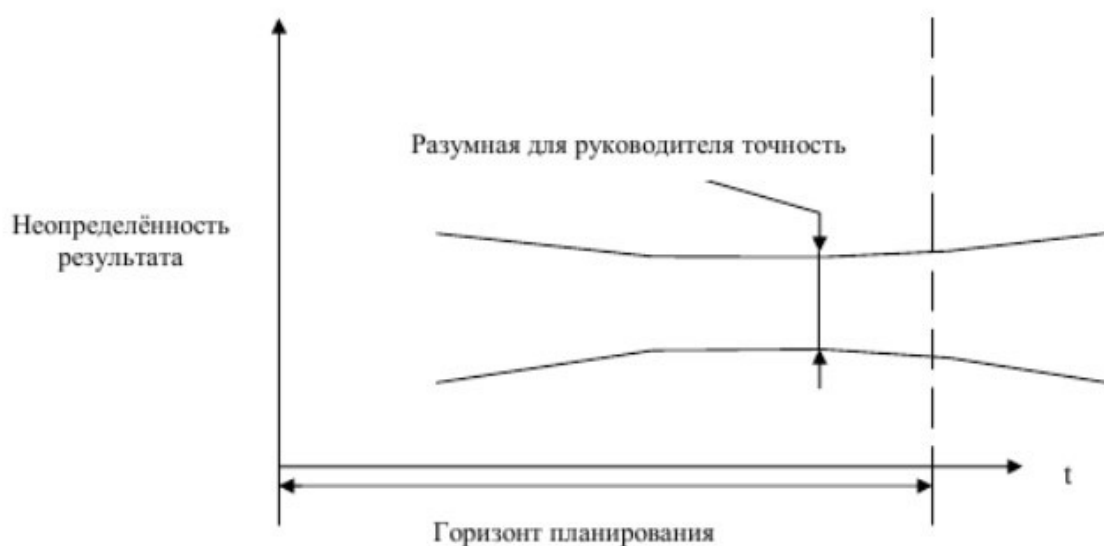


Рис. 2.

Определение горизонта планирования деятельности социально-экономической системы[6].



Планирование в государстве на федеральном уровне регулируется Федеральным Законом N 172-ФЗ от 28.06.2014 «О стратегическом планировании в Российской Федерации». Он является правовой основой стратегического планирования, которая позволяет решать задачи повышения качества жизни населения, развития российской экономики и обеспечения национальной безопасности страны. Данный закон также включает главу, посвящённую принципам стратегического планирования, а именно «единства и целостности, разграничения полномочий, преемственности и непрерывности, сбалансированности системы стратегического планирования, результативности и эффективности стратегического планирования, ответственности участников стратегического планирования, прозрачности (открытости) стратегического планирования, реалистичности, ресурсной обеспеченности, измеримости целей, соответствия показателей целям и программно-целевом принципе», которые аналогичны принципам, предложенным А. Файолем для организаций.

2. По функциональной направленности: в рамках бизнеса различают бизнес-планы, маркетинговые планы, планы развития персонала и т. д.

Бизнес-планирование является важным инструментом для новых или уже действующих компаний, объектом которого выступают разрабатываемые перспективы и текущие планы деятельности фирмы – производственной, сбытовой, экономической и др.

Маркетинговое планирование подразумевает «управленческий процесс достижения и поддержания устойчивого баланса целей за счёт ресурсов и возможностей организации рынков.»[9]

Планирование и структурирование персонала – это процесс количественного, качественного, временного и пространственного определения потребности в персонале, необходимом для достижения целей субъекта хозяйствования.

В широком смысле бизнес-план отражает всю систему планирования деятельности предприятия. В узком смысле под ним можно понимать процесс создания бизнес-плана или бизнес-проекта, которые, в свою очередь, позволяют обосновать необходимость разработки того или иного инвестиционного проекта и реализации его в действующих рыночных условиях.

- В зависимости от задач, выполняемых бизнес-планом: различают план нового проекта и план по развитию фирмы.

Бизнес-план нового проекта предусматривает, что:

- инвесторы получают возврат вложенных капиталов и предусмотренные дивиденды;
- инвесторы получают реализованный проект и будущие доходы от его использования.

Бизнес-план по развитию фирмы способствует привлечению новых вложений денежных средств и предусматривает:

- производство нового товара (услуги) – получение фирмой дополнительной прибыли, дополнительных конкурентных преимуществ в случае успешной реализации бизнес-плана;
- новые производственные возможности – увеличение производства продукции, улучшение её качества, снижение брака, и как следствие, снижение издержек и увеличение прибыли.

Для бизнес-плана характерны следующие черты:

- содержит концепцию бизнес-проекта и обоснование производительности его реализации;
- считается всеохватывающим документом, содержащим ряд взаимосвязанных разделов, отображающих все стороны бизнес-проекта (техническую, финансовую, платную, организационную, социальную и экологическую);
- включает оценку уровня жизнеспособности и устойчивости проекта в условиях конкуренции;
- обосновывает возможности получения инвестиционных и кредитных ресурсов, а также возврата заёмных средств.

Бизнес-план, как официальный документ, оформляется в соответствии с требованиями потенциальных инвесторов, партнёров по бизнесу, однако существуют стандарты различных национальных и международных организаций, такие как UNIDO, TACIS, KPMG, стандарт Федерального фонда поддержки малого предпринимательства (ФФМП), которые задают логику и структуру представления информации по бизнес-проекту.

Схожие, на первый взгляд, стандарты имеют существенные различия, включая лишь несколько единых элементов – резюме, описание отрасли и продукции, а также финансовый план, включающий основные прогнозные и целевые индикаторы развития проекта. Представляется, что одним из наиболее значимых разделов во всех структурах плана, с которого обычно следует начинать разработку плана нового проекта, является «маркетинг проекта, являющийся исходным пунктом процесса бизнес-планирования, поскольку без учёта характеристик рыночного спроса, в т. ч. текущей и прогнозной ёмкости рынка, структуры его сегментов, степени эластичности, бизнес-план не может быть признан корректным [10]».

Таким образом, роль планирования в обеспечении стабильного функционирования и роста геологического предприятия, безусловно, стоит на первом месте. Подходы к пониманию бизнес-планированию, накопленные в течение многих лет исследований управленческих инструментов, необходимо систематизировать для выявления наиболее подходящих инструментов оценки для той или иной сферы бизнеса. **XXI**

**Gorkin G.M.**

Postgraduate Student, Junior Researcher,  
Laboratory for Comparative Analysis of  
Sedimentary Basins  
gorkin\_g96@mail.ru

**Fomina V.V.**

Junior Researcher, Laboratory for Comparative  
Analysis of Sedimentary Basins  
valery.fomina17@gmail.com

# PLANNING IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF A GEOLOGICAL COMPANY

*In modern conditions, characterized by a high degree of variability of the external environment, business planning is a management tool that helps to increase the competitiveness of the company, allows you to control the achievement of strategic goals of businesses of various sizes, employed in various industries. Planning is of particular importance for innovative geological companies, the nature of which determines a large degree of uncertainty, many factors and risks that affect the business, which can be taken into account in planning along with ways to hedge them.*

**Key words:** planning, geology, management in geology, geological management.

Planning is a relatively young field of science, so today there are a lot of disputes about the terminology of this area, not to mention the content. This confirms the degree of scientific novelty of the work. The first to study these issues were A. Fayol, A.I. Feinberg. Among our contemporaries, such scientists as Yakimenko K.P., Bondarenko E.I., Drapkina G.S., Dikarev V.N., Minina L.S. and Manakov L.F. are working on this problem.

However, despite such a large number of works devoted to this problem, a large number of uncertainties remain not only in the practical use of planning concepts, but also in the theoretical definition.

Essence and role of planning. The term «planning» is interpreted in different ways. According to E.I. Bondarenko, planning is a process of modeling the activities of an entrepreneurial structure for a certain period [1]. G.S. Drapkin

and V.N. Dikarev define planning as the ability to foresee the organization's goals for the future, ways to implement them, resource provision and control over the achievement of goals [2]. In turn, L.S. Minin and L.F. Manakov gives planning a broader definition: not just the ability to foresee all the necessary actions, but also the ability to anticipate any surprises that may arise along the way and be able to cope with them.

All these definitions characterize planning in their own way, so the definition given by K.P. Yakimenko: planning is an important function for an enterprise (organization), thanks to which an enterprise (organization) can see its current state, the future position of an enterprise (organization) and compare it with past performance. And on the basis of the data received, either improve the work of the enterprise (organization), or leave everything as it is [3].



The main task of planning is forecasting, which can also act as an independent method of minimizing risks at smaller production levels. Forecasting is an activity aimed at identifying and studying possible alternatives for the future development of the company. The main purpose of the forecast is to determine the trends of factors affecting the market situation [4].

Any geological company operates in conditions of uncertainty, and depending on the scope of its activities, this uncertainty has a different scale. Planning allows the company to find answers to many questions presented in *fig. 1*, which allow to determine the main directions of further development.

Answering these questions, you need to have clear measurable indicators of production, sales or revenue, etc. Only this approach makes it possible to objectively assess the current position of the company, set measurable goals in the future and calculate the resources through which the planned result can be achieved.

However, it is incorrect to talk about the full implementation of business plans, since the planning process should not be interrupted. It requires constant adjustment, taking into account the variability of the external environment. The volume of production and the costs associated with it must change in accordance with the income received from the sale of the product. Planning should ensure the development of the organization in the most beneficial way for it. This model does not avoid risks, but ensures minimal losses.

A more detailed approach to determining the reasons for the need for planning in each organization is presented in the work of A.N. Petrov, who believes that organizations should plan to:

- coordinate their activities;
- guaranteed to take into account the future;
- be rational;
- exercise control;

• reduce the uncertainty of the result as much as possible (increase the probability of achieving the intended goals).

Knowing all the listed opportunities that planning provides, the manager will be able to make the right decision on the further development of the company.

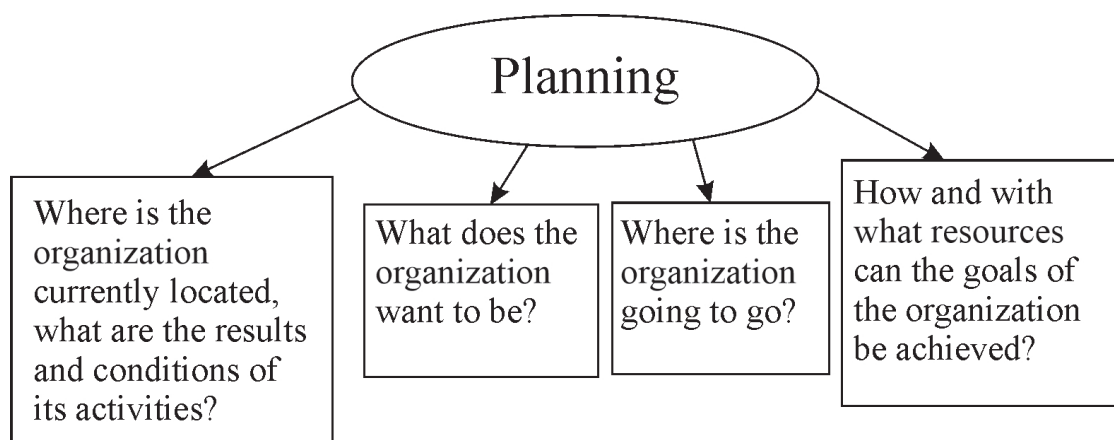
It seems that the business development plan includes the most detailed consideration of each item. Taken together, this analysis will allow management to make the most rational decisions. This is most clearly illustrated by the planning horizon (*Fig. 2*).

The dynamics of the uncertainty of the result reflected in the figure is characterized by many external and internal factors, the main task of the manager here is to make the right choice at the time of the minimum range of uncertainty.

Thus, the complexity of the entire planning process becomes apparent. Therefore, in large companies, entire departments are engaged in planning. The following specific features characteristic of the planning system at the enterprise can be noted: the decision-making process is continuous and is based on specific measurable goals, and the system itself must be flexible and adaptive to changes in both the external and internal environment.

Classification and content of plans. One of the goals of planning is to involve all the personnel of the organization for the implementation of the plan – the qualitative solution of a set of tasks, the performance of work aimed at achieving the final result. Planning is designed to ensure the relationship between the individual structural divisions of the enterprise, which have a well-established technological chain.

The effectiveness of planning largely depends on what the manager is guided by when drawing up the plan and what principles he adheres to. The following principles of planning the activities of entrepreneurial structures are distinguished [7]:



**Fig. 1.**  
The most significant issues in the planning system [5].

- the principle of strategizing the activities of the enterprise (consistency with the purpose of the company);

- the principle of consistency and the use of a scientific approach;

- the principle of balancing the hierarchy of enterprise plans (all plans developed by the enterprise must be

- compared and agreed with each other);

- the principle of mandatory (directive) execution of enterprise plans (plans are implemented if they are mandatory).

In other words, to draw up a plan, it is necessary to take into account the fact that the organization is a single system in which all the constituent elements are interconnected and pursue the same goal – the one that is set for the entire enterprise.

The planning process is not a one-time activity. This is a continuous, constant process in which, depending on the volatility and spontaneity of the economic situation, certain plans are implemented. Effective management of an organization based on prepared plans means minimizing risks and financial losses. Theorist and practitioner of management, founder of the administrative school of management A. Fayol argued: «To manage is to foresee, and to foresee is almost to act» [eight]. It was he who formulated the four basic principles of planning, such as accuracy, flexibility, continuity, unity.

R. Ackoff, an American scientist in the field of systems theory and management, added another principle to this list – participation.

The principle of participation says that each subject of the structural unit should participate in the work of the enterprise, as a single system, since the planning process affects all the company's personnel.

To facilitate the planning process and reduce the risk of negative factors that affect the decline in the

financial result of the company, it is necessary to classify plans. It seems possible to distinguish the following types of plans, depending on different features:

1. By degree of coverage: planning at the state level (federal level) and at the organization (business) level.

Planning in the state at the federal level is regulated by the Federal Law N 172-FZ of June 28, 2014 «On Strategic Planning in the Russian Federation». It is the legal basis for strategic planning, which allows solving the problems of improving the quality of life of the population, developing the Russian economy and ensuring the national security of the country. This law also includes a chapter on the principles of strategic planning, namely «unity and integrity, separation of powers, continuity and continuity, balance of the strategic planning system, effectiveness and efficiency of strategic planning, responsibility of strategic planning participants, transparency (openness) of strategic planning, realism, resource security, measurability of goals, compliance of indicators with goals and program-target principle», which are similar to the principles proposed by A. Fayol for organizations.

2. By functional orientation: within the framework of a business, business plans, marketing plans, personnel development plans, etc. are distinguished.

Business planning is an important tool for new or existing companies, the object of which is the developed prospects and current plans for the company's activities – production, marketing, economic, etc.

Marketing planning implies «the managerial process of achieving and maintaining a sustainable balance of goals through the resources and capabilities of organizing markets». [9]

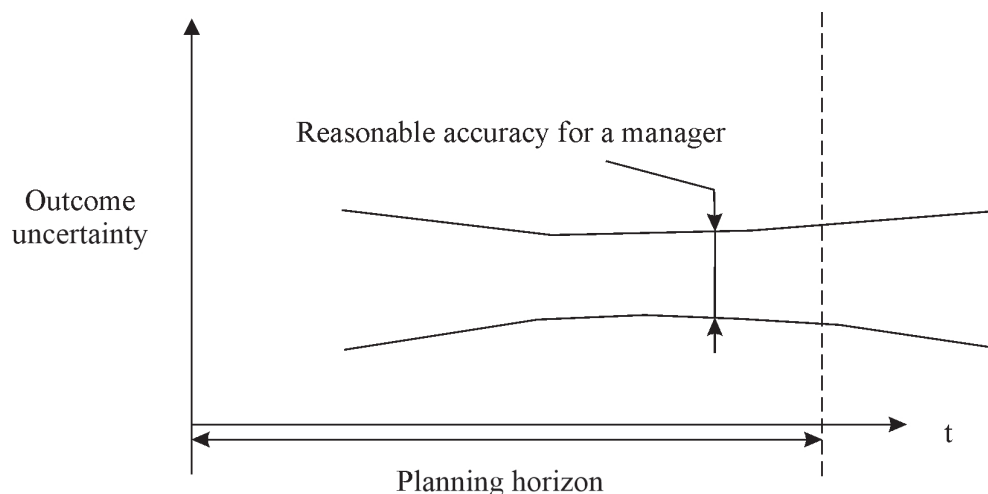


Fig. 2.

Determining the horizon for planning the activities of the socio-economic system [6].



Personnel planning and structuring is the process of quantitative, qualitative, temporal and spatial determination of the need for personnel necessary to achieve the goals of a business entity.

In a broad sense, the business plan reflects the entire system of enterprise planning. In a narrow sense, it can be understood as the process of creating a business plan or business project, which, in turn, makes it possible to justify the need to develop an investment project and implement it in the current market conditions.

- Depending on the tasks performed by the business plan: a distinction is made between a plan for a new project and a plan for the development of the company.

The business plan for the new project provides that:

- investors receive return on invested capital and stipulated dividends;
- investors receive the implemented project and future income from its use.

The business plan for the development of the company helps to attract new investments and provides for:

- production of a new product (service) – obtaining by the company of additional profit, additional competitive advantages in case of successful implementation of the business plan;
- new production opportunities – increase in production, improvement of its quality, reduction of defects, and as a result, cost reduction and profit increase.

A business plan has the following features:

- contains the concept of the business project and justification of the performance of its implementation;
- is considered to be a comprehensive document containing a number of interrelated sections that reflect all aspects of a business project (technical, financial, paid, organizational, social and environmental);

- includes an assessment of the level of viability and sustainability of the project in a competitive environment;

- justifies the possibility of obtaining investment and credit resources, as well as the return of borrowed funds.

A business plan, as an official document, is drawn up in accordance with the requirements of potential investors, business partners, however, there are standards of various national and international organizations, such as UNIDO, TACIS, KPMG, the standard of the Federal Fund for Small Business Support, which set the logic and the structure of presentation of information on the business project.


Similar at first glance standards have significant differences, including only a few common elements – a summary, a description of the industry and products, as well as a financial plan that includes the main forecast and target indicators for the development of the project. It seems that one of the most significant sections in all plan structures, from which one should usually begin the development of a new project plan, is «project marketing, which is the starting point of the business planning process, since without taking into account the characteristics of market demand, including current and predicted market capacity, the structure of its segments, the degree of elasticity, the business plan cannot be recognized as correct [10] ».

Thus, the role of planning in ensuring the stable functioning and growth of a geological enterprise certainly comes first. The approaches to understanding business planning, accumulated over many years of research on management tools, need to be systematized to identify the most appropriate assessment tools for a particular business area.

The work was carried out within the framework of thematic works of the GIN RAS. **XXI**

## Литература

1. Бондаренко Е. И. Стратегическое планирование и прогнозирование в системе управления современными предпринимательскими структурами // Российское предпринимательство. – 2015. – Т. 16. – № 5.
2. Драпкина Г. С., Дикарев В. Н. Планирование на предприятии. – КемТИПП, 2007.
3. Якименко К. П. Сущность планирования на предприятии // Вестник магистратуры. – 2018. – № 3-2. – С. 104.
4. <http://www.grandars.ru/>
5. Романова А. Н., Иванишина Е. А. Роль планирования в современных условиях // От синергии знаний к синергии бизнеса. – 2015. – С. 242-245.
6. Петров А. Н. Сущность понятия «планирование» в условиях рынка // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2010. – № 4.
7. Верников В. А. Сущность, цели и задачи стратегического планирования деятельности предпринимательских структур в современных условиях // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. – 2015. – № 42. – С. 60-67.
8. Файоль А. Общее и промышленное управление. Перевод на русский язык: Б. В. Бабина-Корень. — М., 1923. // Электронная публикация: Центр гуманитарных технологий. — 2012. - С.4
9. Котлер Ф. Маркетинг-менеджмент. - СПб.: Питер, 2004. - С. 116.
10. Загоруйко К.Л. Совершенствование отечественных и зарубежных стандартов бизнес-плана с учетом рыночного спроса Вестник ТГУ, выпуск 12 (92), г. 2010. – С.431



**ТРЕТЬЯКОВ А.В.**  
Директор АООН «НАЭН»

## ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АУДИТ В РОССИИ

Согласно Распоряжению Правительства РФ от 22 декабря 2018 г. № 2914-р «О стратегии развития минерально-сырьевой базы РФ до 2035 г.», при разработке которого учтены Указы № 176, № 203, № 208 Президента РФ В.В. Путина:

- Стратегической целью развития минерально-сырьевой базы является создание условий для устойчивого обеспечения минеральным сырьем социально-экономического развития и поддержания достаточного уровня экономической и энергетической безопасности Российской Федерации.
- Достижение указанной стратегической цели осуществляется на основе наращивания минерально-сырьевой базы за счет увеличения инвестиционной привлекательности геологоразведочных работ всех стадий, роста качества прогнозирования и поисков новых месторождений, а также повышения эффективности освоения известных, в том числе неразрабатываемых, месторождений путем внедрения современных технологий переработки, обогащения и комплексного извлечения полезных ископаемых.



В значительной мере поставленные цели могут быть достигнуты посредством развития **российской суверенной системы геолого-экономического аудита**, которая способствует:

- проведению геолого-экономической оценки запасов месторождений полезных ископаемых;
- развитию высоколиквидной минерально-сырьевой базы;
- повышению инвестиционной привлекательности;
- повышению эффективности освоения и применяемых технологий;
- росту качества прогнозирования;
- обеспечению рационального недропользования;
- обеспечению устойчивого притока внебюджетных инвестиций в т.ч. в геологоразведочные работы;
- качественному улучшению системы информационного обеспечения недропользования, мониторинга и контроля развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации;
- внедрению передовых технологий геологоразведочных работ;
- вовлечению в освоение отходов горнопромышленного производства;
- внедрению современных методов анализа и интерпретации накопленной геолого-геофизической и геохимической информации для решения задач прогнозирования;
- разработке и внедрению современных геологоэкономических методик ускоренной переоценки запасов полезных ископаемых на основе рыночных требований;
- трансферу зарубежных технологий в области прогнозирования, поисков и оценки месторождений полезных ископаемых, их внедрению в практику отечественной геологоразведочной отрасли;
- разработке и совершенствованию технологий рентабельной добычи и переработки низкокачественных руд остродефицитного и высоколиквидного минерального сырья.

Выполнение сразу множества целей, утвержденной Правительством РФ стратегии развития, а также повышение падающего качества балансовых запасов ставит развитие российской системы геолого-экономического аудита на первый план.

#### Основное понятие:

• **Геолого-экономический аудит** – негосударственная независимая геолого-экономическая проверка, включающая процедуру нормативно-правового соответствия (проверку соответствия деятельности пользователей недрами, связанной с геологическим изучением, использованием и охраной недр, условиям лицензий на право пользования недрами, законодательным и нормативным требованиям в сфере недропользования), технологических и технических решений, влияю-

щих на экономическую эффективность рекомендаций по повышению финансовых результатов использования участков недр в хозяйственном обороте. Также к геолого-экономическому аудиту относится проверка достоверности технической отчетности предприятия и соответствия его производственной деятельности нормативным правовым актам и техническим требованиям.

Аудиторы данной сферы не занимаются геологоразведочными работами, они используют имеющиеся материалы (геологические, технологические, технические и экономические т.д.) и на их основании делают выводы о количестве ресурсов и запасов, а также стоимостной оценке полезных ископаемых на месторождении.

#### Геолого-экономический аудит проводится по инициативе:

- недропользователя в целях проверки соблюдения им требований и выработки соответствующих корректирующих мер, повышающих эффективность использования недр, при раскрытии информации перед акционерами и повышению доверия со стороны инвесторов, при расчете капитализации и т.д.;
- потенциального пользователя недр с целью выбора оптимального объекта недропользования, выставленного на конкурс или аукцион;
- органов исполнительной власти, финансовых, кредитных и других заинтересованных органов по согласованию с недропользователем;
- органов государственного контроля в сфере недропользования.

#### Почему государство не может выступать в качестве аудитора?

Отдельного внимания требует **независимость аудитора** – требование, согласно которому аудитор не является сотрудником государственного учреждения и не подчиняется контрольно-ревизионным органам, не состоит в какой-либо связи с проверяемой организацией. Аудитор строго соблюдает федеральные стандарты, а также стандарты организации аудиторов, не имея с проверяемыми предприятиями никаких имущественных или личных интересов. Сам принцип независимости в аудите ставится во главу, на уровне установления сущности аудита.

Нередко возникает вопрос касательно возложения аудиторских функций на государственные органы, поэтому разберем ниже, почему данный подход не жизнеспособен и не прижился в международной практике:

• **Вопрос независимости и конфликта интересов.** Государственные органы не могут быть абсолютно независимы, так как они являются частью государства в целом и порядок их

создания подразумевает степень зависимости от государственных органов законодательной власти. Определенная доля зависимости существует и при последующем функционировании государственных контрольных органов в части обеспечения интересов законодательных (представительных) органов, и, как следствие, интересов общества в целом. Также государство имеет множество связей с проверяемой организацией, которые так или иначе влияют на оценку. Необходимо учитывать и тот факт, что отечественная система была сформирована в плановой централизованной экономике и поэтому ориентирована на инвентаризацию запасов. Государство на сегодняшний день преследует цель поставить на баланс как можно больше запасов, невзирая на экономическую целесообразность их извлечения на текущий момент в условиях постоянно меняющегося рынка. Порой доходит до того, что количество экономически целесообразных ресурсов, из поставленных государством на баланс запасов, достигает всего 30 процентов, что в свою очередь, сильно искажает реальное количество приносящих доход запасов, находящихся на балансе государства. И это только один из примеров влияния заинтересованности государства, и как следствие государственных органов на оценку запасов.

• **Вопрос ответственности и конкурентности.** При выполнении государственного геолого-экономического аудита не может быть никакой ответственности, кроме административной или уголовной, при этом конкуренция отсутствует как таковая. В случае ошибки при государственном аудите риски в виде возмещения ущерба или перенесения работы ложатся на государственный бюджет. В свою очередь, аудиторские организации или индивидуальные аудиторы, осуществляющие деятельность по проведению геолого-экономического аудита и оказание сопутствующих аудиту услуг – не могут состоять на службе в государственных органах, за исключением лиц, занимающихся научной или преподавательской деятельностью, а также не допускать любых факторов, ставящих под сомнение его независимость и незаинтересованность в оценке. Между аудиторскими компаниями и экспертами, работающими в них, существует здоровая конкуренция и ответственность за выполненные работы перед экспертным сообществом и регулятором в форме рейтинга, оценивающего компетентность, а также применяемых мер, в виде штрафов с исправлением выполненной работы или дисквалификации из рейтинга аудиторов компании/лиц, принимавших участие при проведенной оценке с выявленными нарушениями. Деятельность аудиторов, как и любая предпринимательская деятельность, подлежит обязательному страхованию.

• **Вопрос унификации, стандартизации и взаимопризнания на международном уровне.**

Государственная система аудита обязана ужиться с остальными нормативными документами, из-за чего у каждой страны будет своя собственная система (или даже несколько дублирующих друг друга систем), в рамках исторически сложившихся прецедентов в нормотворческом процессе. Следовательно, привести страны Мира к единой системе регулирования с одинаковыми правилами – невозможно. В случае навязывания унификации это будет воспринято как не что иное, как угроза суверенитету каждого из государств. В то время как некоммерческие организации, следящие за соблюдением Кодекса Этики и осуществляющие регуляторные функции, могут успешно приводить международное взаимодействие к единому унифицированному формату и, благодаря этому, понимая и говоря между собой на одном языке, способствуют возникновению взаимодоверия, взаимопонимания и взаимопризнания.

• **Вопрос целесообразности введения государственного аудита.** Единственное присутствие государства в качестве аудитора было осуществлено путем создания контрольных государственных органов Федеральным Собранием РФ посредством Счетной палаты, с целью обеспечения конституционного права граждан Российской Федерации на участие в управлении делами государства для осуществления внешнего государственного аудита (контроля) за использование государственных бюджетных средств всех уровней власти. В задачи Счетной палаты входят организация и осуществление контроля за целевым и эффективным использованием средств федерального бюджета и аудит реализуемости и результативности достижения стратегических целей социально-экономического развития Российской Федерации. В данном случае целесообразно было отдать функцию аудита государству, и эта практика является международной (Лимская декларация руководящих принципов контроля). В случае, когда геолого-экономический аудит будет осуществляться государством, это приведет к целому ряду негативных последствий для государства и недропользователей:

1) огромные затраты со стороны государственного бюджета и необходимость в расширении штата госслужащих;

2) компании снова будут вынуждены заказывать аудит у иностранных аудиторов, действующих в рамках международно-признанных стандартов;

3) российский стандарт, уже получивший признание (Кодекс НАЭН) не будет развиваться, а вместе с ним не будет развиваться российская система аудита;



4) из-за заказа аудита у иностранных аудиторов, останутся прежние вытекающие из этого проблемы: утечка секретной информации, диктатура правил другими странами, занижение экономически целесообразных запасов и как следствие капитализации компаний и т.д.

### **Отличия отечественной системы подсчета запасов от международной.**

Пока отечественная система ориентирована на инвентаризацию и документированию максимального количества запасов, независимо от сложности и возможности их извлечения, международная система исходит из нужд рынка и построена на принципах обеспечения инвестиционной прозрачности и стандартизации отчетности горных компаний о минеральных активах перед инвесторами для определения последними экономической целесообразности эксплуатации месторождений.

Отличия систем выразились в разных подходах к классификации запасов полезных ископаемых. Поэтому отечественным компаниям, выходящим на международные рынки, требуется перевод количественной оценки запасов, выполненный по отечественным правилам, в количественную оценку запасов включающую экономическую целесообразность, выполненную по международным стандартам, и проверка правильности данного перевода признанными на международных биржах инжиниринговыми аудиторскими фирмами, работающими в сфере геолого-экономического аудита.

Таким образом, под геолого-экономическим аудитом или аудитом запасов понимается проверка достоверности данных технических и других отчетов компаний о величине ресурсов и запасов полезных ископаемых. Он заключается в проверке достоверности (due diligence) количественной оценки ресурсов и запасов полезных ископаемых. Данная проверка является обязательной процедурой перед совершением любых крупных сделок с горными компаниями, листингом, определением капитализации и в других случаях.

Российские компании, заказывающие геолого-экономический аудит по международным стандартам, ожидают, что после его проведения их капитализация серьезно возрастет в связи с появившейся стоимостной оценкой располагающейся в недрах части имущества, признаваемой международными финансовыми институтами. После проведения геолого-экономического аудита данные о ресурсах и резервах используются компаниями для отчетности перед акционерами, планирования деятельности и осуществления операций с ценными бумагами и операциями на биржах.

### **Геолого-экономический аудит в России на сегодняшний день.**

В России официально процедура геолого-экономического аудита не проводится. В связи с отсутствием полноценной системы геологического аудита с международным признанием российские компании, выходящие на международные рынки, были вынуждены обращаться к признанным на финансовых рынках западным аудиторским фирмам для проведения аудита минерально-сырьевых ресурсов.

Однако сейчас в России существуют все необходимые звенья для создания самостоятельной российской системы геолого-экономического аудита:

1. Российские стандарты – Кодекс НАЭН (по твердым полезным ископаемым) и «Системы управления углеводородными ресурсами» на основе международно-принятой PRMS (по углеводородам);
2. Российские некоммерческие организации в лице АООН «НАЭН» и НТО НГ им. Губкина;
3. Российские компании, выполняющие геолого-экономический аудит на соответствующем международному уровню – IMC Montan, ЭГЭЭР;
4. Российские профильные ВУЗы;
5. Российские страховые компании, готовые страховать профессиональную ответственность геолого-экономических аудиторов.

Тем не менее, государство не оказывает должную поддержку отечественным некоммерческим организациям, стандартам и компаниям в сфере аудита, возможно, в связи с недостаточной осведомленностью в рамках данной сферы деятельности. Поддержание такого неведения лоббируется иностранными компаниями, которым выгодно данное положение дел. По этим причинам российская система аудита не используется, и вся система остается на предшествующем уровне развития. Сегодня крупнейшие компании страны все также игнорируют существование российской системы аудита, проводя аудит в иностранных компаниях, не пользуясь российскими стандартами, поддерживая членство своих сотрудников в иностранных общественных организациях (в т.ч. SPE), тем самым они:

- платят за аудит американским организациям, пополняя их казну и развивая экономику Америки;
- укрепляют зависимость России от оценки других стран;
- передают секретные особо ценные разведанные, получаемые в ходе аудита в неконтролируемое пользование в т.ч. недружественных стран;
- уничтожают российские ассоциации и профессиональные сообщества экспертов отсутствием поддержки;

- оставляют российскую систему аудита в состоянии зародыша;
- позволяют иностранным аудиторам занижать капитализацию всех российских компаний и активы государства в целом;
- повышают собственные и государственные затраты из-за сохранения и поддержания системы с дублированием аудитов;
- и т.д.

Сегодня в России добывающие компании проводят одну и ту же процедуру в рамках четырех разных процессов, подсчет запасов ведется для:

1. Формирования бизнес-планов.
2. Проведения международного аудита по требованиям банков и бирж.
3. Госэкспертизы запасов для согласования проектной документации в Государственной комиссии по запасам.
4. При обосновании налоговых льгот с Минфином и Минэнерго.

В каждом из них получаются разные оценки рентабельных запасов и профиля добычи. Дальнейшее внедрение и унификация российской системы национального аудита запасов позволит сблизить оценки в рамках этих процессов, убрать избыточные административные барьеры, а также снизить расходы недропользователей и государства за счет исключения дублирующих процедур и функций.

### **Существующие российские стандарты для проведения геолого-экономического аудита:**

#### **1. По твердым полезным ископаемым – Кодекс «НАЭН»**

Единственным международно-признанным российским национальным стандартом, в соответствии с которым может проводится аудит ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых, для применения на территории России и в Море, является Кодекс НАЭН (признанный CRIRSCO и ГКЗ РФ).

Кодекс был разработан АООН «НАЭН» – некоммерческой организацией, выступающей в роли международно-признанной «Национальной организацией по отчетности» (National Reporting Organisation, далее NRO) от России – отвечающей за разработку кодексов, стандартов и руководств по отчетности о твердых полезных ископаемых. Основной целью АООН «НАЭН» является формирование сообщества профессиональных участников экспертной деятельности для обобщения передового опыта и распространения знаний и экспертизы недропользования, а также способствование развитию российской системы геолого-экономического аудита, в том числе посредством развития и внедрения национального суверенного международно-признанного Кодекса НАЭН. Не-

обходимо отметить, что согласно международным правилам, от каждой страны может быть утверждена только одна NRO входящая в состав CRIRSCO.

Ключевые моменты в выборе международной системы CRIRSCO, в качестве основополагающей, при разработке Кодекса НАЭН:

- CRIRSCO не присваивает профессиональные квалификации и не ведет реестр компетентных лиц/экспертов. Эти вопросы относятся к компетенции каждой NRO и/или входящих в нее RPO.
- Орган управления состоит из Членов CRIRSCO, которые в свою очередь выдвигаются NRO каждой из стран (не более 2х членов от каждой страны).
- Кодекс каждой из стран утверждается на языке страны, для исключения двойной трактовки, а также для гармонизации с внутренними нормативными документами каждой из стран.
- Задача CRIRSCO поощрять дальнейшее развитие международного признания Компетентных лиц/Экспертов.

• CRIRSCO остается вне политической плоскости и сосредоточена исключительно на взаимодействии в профессиональном поле в рамках «международных стандартов отчетности о запасах твердых полезных ископаемых».

• Членство РФ позволило максимально гармонизировать не только стандарты российской аудиторской отчетности с международными, но и классификацию ГКЗ, путем создания Кодекса НАЭН.

Главные принципы действия и использования Кодекса НАЭН – это прозрачность, материальность и компетентность:

• **Прозрачность** требует, чтобы технический отчет содержал достаточную информацию, ясную и однозначно понимаемую, чтобы пользователь смог понять отчет и не был введен в заблуждение.

• **Материальность** требует, чтобы технический отчет содержал всю необходимую информацию, а инвесторы могли бы найти в отчете все данные, чтобы принять аргументированное и взвешенное суждение о ресурсах и запасах полезных ископаемых.

• **Компетентность** требует, чтобы технический отчет был основан на работе, ответственность за которую несет достаточно квалифицированное и опытное лицо, связанное профессиональным этическим кодексом.

Статус Кодекса НАЭН и АООН «НАЭН» в том числе уровень компетенций экспертов признаются:

• странами: Бразилия, Индия, Турция, Колумбия, Австралия (Австралазия), США, Канада, Объединенная Европа, Бразилия, Чили, ЮАР, Россия, Казахстан, Монголия, Индонезия. В ближайшее время список пополнится такими странами как Китай, Филиппины и Кыргызстан.



• организациями (в т.ч. через взаимное признание CRIRSCO): European Federation of Geologists (EFG); Geological Society of London; Institute of Materials, Minerals, and Mining; Institute of Geologists of Ireland; Fennoscandian Association for Metals and Minerals Professionals; Iberian Mining Engineers Board; управлением по финансовому регулированию и надзору Великобритании (FCA); Все-Европейским комитетом по стандартам отчетности о запасах и ресурсах ТПИ (PERC); Чилийской горной комиссией (Commission Minera); Южно-Африканским комитетом SAMREC/SAMVAL; Горно-металлургическим и геологоразведочным Обществом США (SME); Австралийским комитетом JORC; Канадской комиссией по регулированию рынка ценных бумаг (CSA); комитетом CRIRSCO и многими другими.

Различия в подходах к заверке данных в рамках публичной отчетности CRIRSCO и в составе экспертизы ГКЗ (**таблица 1**):

Российская система экспертизы ГКЗ исторически настроена на проверку данных, представленных в отчетах с подсчетом запасов, на соответствие отраслевым стандартам и руководствам, и не ставит под сомнение их надежность или полноту. Проводимая проверка правильности реализации методических инструкций представляет собой редакционный подход к анализу геологических данных.

В противовес этому, геологический аудит выполненный по российскому «Кодексу НАЭН» в рамках публичной отчетности CRIRSCO представляет собой активный подход, так как направлен на выявление специфических проблем, связанных с особенностями конкретного месторождения и его геологией, и соответствующую корректировку применяемых инструкций.

Данные бурения и хорошо составленная, проверенная база данных являются первостепенным, фундаментальным активом компании и проекта. Независимо от необходимости под-

готовки публичного отчета с целью привлечения финансирования, любой компании необходим независимый аудит в соответствии с международными «Кодексом НАЭН», чтобы убедиться, что моделирование ресурсов месторождения основано на точных, правильных и надежных данных. Без качественных данных у компании не будет надежно обоснованных минеральных ресурсов или запасов руды, что приведет к неудовлетворительным результатам проекта на стадии отработки полезных ископаемых.

## 2. По углеводородному сырью – «Система управления углеводородными ресурсами» на основе международно-признанной PRMS

Научно-техническое общество нефтяников и газовиков имени академика И. М. Губкина – ведущая экспертно-технологическая ассоциация России в сфере недропользования углеводородного сырья. Данная общественная организация во взаимодействии с научно-техническим экспертным сообществом РГУ Нефти и газа им. Губкина и других профильных ВУЗов, а также АООН «НАЭН», выпустило редакцию национальной суверенной «Системы управления углеводородными ресурсами» на основе PRMS, отвечающую всем требованиям международных стандартов, отражающую объективный комплексный подход, начиная с зарождения системы учета, контроля, классификации и разработки месторождений углеводородов. Адаптация PRMS в национальную «Систему Управления Углеводородными Ресурсами», которая является наиболее распространенной в мире системой оценки запасов углеводородов, признанной общемировым стандартом геолого-экономической оценки запасов и ресурсов углеводородов, позволит обеспечить необходимым уровнем раскрытия информации все отечественные отраслевые компании и является необходимым языком для взаимопонимания по проектам со странами в т.ч. с неприсоединившимся к санкциям против РФ.

**Таблица 1.**

*Различия в подходах к заверке данных в рамках публичной отчетности CRIRSCO и в составе экспертизы ГКЗ*

Этапы заверки данных	Аудит для публичной отчетности	Экспертиза ГКЗ
Посещение участка месторождения	Посещение месторождения обязательно	Посещения не проводится
Аудит сбора данных	Процедуры сбора данных проверяются на соответствие передовой отраслевой практике в соответствии с суждениями QP / CP	Процедуры сбора данных анализируются по отчету и проверяются на соответствие отраслевым методическим документам и требованиям
Сличение данных	Не менее 10% данных сличаются с первичными материалами	Выборочное сличение с первичными материалами
Результаты QA/QC	Проверка на соответствие первичной документации и аналитическим протоколам, аудиты пробоподготовки и аналитической лаборатории	100% проверка данных, представленных в отчете, если не выявлено расхождений с методическими документами или грубых ошибок
Проверка базы данных	Неотъемлемая часть аудита	Не регулируется

В настоящее время ведется работа по дальнейшей интеграции СУУР/PRMS на территории РФ и международной арене.

НТО НГ ведет деятельность на территории Российской Федерации с 1933 года, в том числе в сфере недропользования. К 1991 году Общество охватывало более одной тысячи коллективных членов – ведущих предприятий и организаций нефтегазовой отрасли и около 200 тысяч членов Общества, работавших в 46 краевых и областных отделениях Общества и в 13 республиканских организациях СССР. В настоящее время Межрегиональное НТО нефтяников и газовиков представлена региональными отделениями в городах Москва, Волгограде, Ханты-Мансийске, Ноябрьске, Когалыме, Перми, Усинске, Оренбурге, Альметьевске, Иркутске охватывающими более 1000 членов Общества. Одним из основных направлений деятельности НТО НГ является проведение независимой общественной экспертизы. При проведении процедур по разработке геолого-экономического аудита при разведке и добыче углеводородов, эксперты данной общественной организации заместят собой экспертов развившейся на территории РФ за последнее время SPE (союз инженеров нефтяников) со штаб-квартирой в Техасе.

### **Иностранные геолого-экономические аудиторы в России сегодня**

Веками западные страны внедряли рычаги управления финансовыми рынками. Для того, чтобы получить инвестиции, недропользователь должен подтвердить свои запасы – предоставить банку аудиторское заключение. На этом ключевом узле сидят американские компании – *Gaffney, Cline & Associates, Sproule, Miller and Lents, Ltd., DeGolyer and MacNaughton, Ryder Scott, Netherland, Sewell & Associates Inc. (NSAI), Lloyd's Register (LR), Evolution Resources, Cawley, Gillespie & Associates Inc. (CG&A) и другие.*

Американские аудиторы обеспечивают доступ к американскому рынку капитала через управляемую ими систему и это логично. Но азиатские финансовые центры играют в мире всё большую роль, и совершенно непонятно, почему нигерийский недропользователь в работе с шанхайским банкиром не может обойтись без аудиторского заключения, подписанного американцами. А тем более недропользователь российский.

Сегодня многие американские компании *de jure* ушли с российского рынка, на самом же деле – зарегистрировав новые аудиторские компании с непохожим российским названием. Однако эти компании *de facto* все также подерживают:

- зарубежные интересы и поддерживают зависимость российских компаний и России в целом;

- отчетность о проделанной работе и отплатку ценных, а порой и секретных данных в виде отчетов своим головным иностранным компаниям;

- необходимость работы по иностранным стандартам, которые в тоже время находятся на том же международном уровне признания, что и российские стандарты;

- членство и значимость иностранных некоммерческих экспертных организациях, все также отрицающая существование российских.

### **Потенциал российской геолого-экономической системы**

Российская Федерация, обладая собственным международно-признанным механизмом верификации запасов (в виде Кодекса НАЭН, СУУР/PRMS и российских аудиторских компаний) в рамках собственного интереса и интереса компаний должна способствовать его развитию на своей территории. Термин «суверенный аудит» точно отражает суть вопроса: вопрос, касающийся обеспечения суверенного развития отраслей, вне контроля и давления со стороны иностранных государств, и шире – вопрос обеспечения сырьевого суверенитета государства.

Смысл внедрения, поддержки и развития собственной российской системы суверенного аудита запасов заключается в том, чтобы освободить этот важный механизм аудита недропользования от доминирования и диктатуры других стран, для обеспечения нашей страны объективной и прозрачной оценкой, понятной каждому и предоставляющей доступ к международным рынкам капитала.

Банки являются посредниками. Для эффективности системы, в ней, в первую очередь, должны учитываться интересы покупателя. Стратегический покупатель российских ресурсов находится за рубежом. Созданная российская система геолого-экономического аудита обеспечит объективное международное признание запасов российских недропользователей, одновременно привлекая инвесторов со всего Мира прозрачностью и обоснованностью принимаемой оценки. Поэтому создание именно международной национальной системы было единственным правильным путем решения задачи, которую удалось успешно осуществить.

Вполне ожидаемо, что Россия будет первой страной, предпринявшей первые шаги к суверенитету в сфере аудита. Сделает она это не только потому, что существование в рамках прежней парадигмы более не является возможным, но и потому, что именно у РФ есть и крупнейшие запасы, компетенции в их изучении и учёте, огромное экспертное и научное сообщество, а также колос-



сальный опыт, существенно опережающий многие страны. Поддержка, развитие и дальнейшие внедрение российской системы геолого-экономического аудита будет стратегическим достижением в борьбе за суверенитет нашей страны в отношении запасов на российской территории. Опыт России в качестве примера заинтересует самые разные страны, в первую очередь страны ЕАЭС и ШОС, а после и все международное сообщество.

### **Необходимость развития российской системы геолого-экономического аудита и его ежегодного проведения обусловлена:**

1. Получением достоверной информации о ресурсной базе и запасах полезных ископаемых компании.
2. Получением достоверной информации о количестве рентабельных запасов и их стоимостной оценкой на текущий период.
3. Поддержанием транспарентности между организациями и их акционерами.
4. Возможностью прогнозирования количества запасов и их стоимости для принятия своевременных мер по корректировке технологий добычи для достижения целей рационального недропользования.
5. Оценкой экономики и эффективности технических и технологических решений на действующих и проектируемых объектах на основе комплексного изучения отдельных операций, технологических схем и т.п.
6. Объективным и справедливым международным признанием запасов российских недропользователей.
7. Ростом капитализации организаций в связи с появившейся оценкой части имущества, располагающегося в недрах, признаваемой международными финансовыми институтами.
8. Сохранением режима необходимой секретности на части информации, добытой в процессе аудита на территории РФ.
9. Освобождением российской системы аудита недропользования от доминирования и диктатуры других стран, достижением суверенности.
10. Развитием и совершенствованием собственной системы геолого-экономического аудита, включающую в себя профильные ВУЗы, некоммерческие организации и ассоциации, аудиторские компании, экспертов/компетентных лиц, нормативную базу.
11. Повышением инвестиционной привлекательности компаний.
12. Снижением расходов недропользователей и государства за счет исключения дублирующих процедур и функций.
13. Получением в результате геолого-экономического аудита данных, служащих основой

для разработки и корректировки энергетической стратегии России, а также долгосрочной программы поисков и разведки месторождений.

14. Получением достоверной информации о количестве запасов и их стоимости в рамках всего государства на конкретный промежуток времени.

15. Возможностью создания единой информационной модели с возможностью отслеживания в реальном времени капитализации компаний, добычу, запасы, и множество других характеристик, позволяющих используя ИИ: прогнозировать добычу в рамках текущих участков, построения прогноза на близлежащих территориях, прогнозировать изменения добычи и ее экономической целесообразности и рациональности использования недр моделируя различные технологии добычи.

16. Возможностью прогнозирования текущей и будущей загруженности логистических цепочек поставки полезных ископаемых, а также определения наиболее подходящих мест для дальнейшего размещения перерабатывающих заводов, обогатительных фабрик и т.п.

### **Необходимые действия для развития системы аудита в сфере недропользования в России:**

- С целью унификации требований по отчетности добывающих компаний, необходимо ввести систему отчетности по кодексу НАЭН (CRIRSCO) для твердых полезных ископаемых и СУУР (PRMS) для углеводородного сырья, которая обеспечит международно-принятые стандарты раскрытия информации. Для практического внедрения предлагаемой инициативы, будет достаточным внесение изменений в некоторые Положения Банка России.
- С целью выстраивания устойчивой системы геолого-экономического аудита запасов в России, в которой, в рамках импортозамещения, при выборе аудитора в первую очередь необходимо отдавать предпочтение российским аудиторским компаниям, работающим по российскому национальному суверенному международно-признанному Кодексу «НАЭН» для твердых полезных ископаемых и СУУР (PRMS) для углеводородного сырья.
- С целью развития российской суверенной системы геолого-экономического аудита необходимо поддерживать и развивать российские профильные некоммерческие организации в лице АООН «НАЭН» и НТО НГ им. Губкина, занимающиеся как развитием и популяризацией российских стандартов (Кодекс НАЭН и СУУР), так и развитием российского научно-экспертного сообщества, исчисляемого тысячами экспертов по всей России. <sup>(XXI)</sup>





**Чернова И.Ю.**

к.г.-м.н., доцент кафедры ГиГИТ,  
ФГАОУВО Казанский (Приволжский)  
федеральный университет  
inna.chernova@kpfu.ru



**Нургалиев Д.К.**

д.г.-м.н., профессор, проректор по  
направлениям нефтегазовых технологий,  
природопользования и наук о Земле,  
ФГАОУВО Казанский (Приволжский)  
федеральный университет  
danis.nourgaliev@kpfu.ru



**Лунева О.В.**

б.с., ассистент кафедры ГиГИТ,  
ФГАОУВО Казанский (Приволжский)  
федеральный университет  
olunjova@yandex.ru



**Сахаутдинов Р.В.**

главный маркшейдер –  
начальник управления топографо-  
геодезических, имущественных,  
маркшейдерских работ  
«Татнефть – Добыча» ПАО  
«Татнефть»  
SahautdinovRV@tatneft.ru



**Гилаев Д.М.**

начальник отдела топографо-  
геодезических и маркшейдерских работ –  
заместитель начальника УТГИМРС  
«Татнефть – Добыча» ПАО «Татнефть»  
gilaevdm@tatneft.ru



**Рахматуллин М.К.**

Ведущий инженер  
Маркшейдерско-геодезической  
группы Маркшейдерско-  
землеустроительного центра  
RahmatullinMH@asu.tatneft.ru

# РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ ПОВТОРНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ, ВЫПОЛНЕННОГО НА ТЕРРИТОРИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА ПАО «ТАТНЕФТЬ»



Геодинамический полигон ПАО «ТАТНЕФТЬ» охватывает юго-восточную часть Республики Татарстан (Россия) – регион интенсивной добычи нефти и многократных проявлений сейсмичности. На площади полигона, включающей крупнейшие Ромашкинское и Ново-Елховское месторождения, в течение последних 30 лет регулярно проводились наблюдения методом повторного нивелирования. Традиционная методика обработки данных повторного нивелирования подразумевает расчёт и анализ амплитуд вертикальных смещений за 1 год или несколько лет вдоль отдельного профиля. Предлагается новый способ анализа результатов многолетнего повторного нивелирования, охватывающий все измеренные вертикальные смещения за все годы наблюдения по всем профилям. Новый способ подразумевает применение инструментов пространственно-временного анализа геоинформационной системы ArcGISPro. Исследование ограничилось поиском локальных просадок, т.к. за время действия полигона обширные просадки, которые могли быть вызваны интенсивной добычей нефти, обнаружены не были. В результате массовой обработки данных были выявлены 84 репера, в которых систематически наблюдались просадки с амплитудой не менее 5 мм за 1 год. Сравнение карты систематических просадок и карты современной геодинамической активности показывает, что подавляющее большинство мест выявленных просадок расположены в областях относительно тектонического опускания. Из 84 потенциально опасных зон деформации 7 были оценены как опасные. Поскольку амплитуды смещений в аномальных участках превосходили погрешность наблюдения в 2-3 раза, определение уровня относительного деформирования геологической среды являлось надёжным. Таким образом, возникновение систематических просадок, в том числе локальных опасных деформаций земной поверхности, объясняется естественными причинами, исходящим из природы современных геодинамических обстановок, распространённых на территории геодинамического полигона.

**Ключевые слова:** геополYGON, повторное нивелирование, неотектоника, вертикальные движения, разлом, относительная деформация изгиба, скорость деформационных процессов.

Основной формой организации мониторинга на нефтегазовых месторождениях является геодинамический полигон (ГДП). Одна из традиционных составляющих полигона – сеть иерархически построенных систем профильных наблюдений за смещениями дневной поверхности.

На **рисунке 1** представлена схема нивелирной сети на юго-востоке Республики Татарстан, принадлежащая ПАО «ТАТНЕФТЬ». Уникальность данной сети состоит в продолжительности её эксплуатации и почти непрерывном сборе информации на протяжении 30 лет. Как известно, в этой части Поволжья располагаются крупнейшие нефтяные месторождения – Ромашкинское и Ново-Елховское, а также десятки мелких месторождений. Необходимость создания геодинамического полигона была обусловлена возрастающим объёмом добычи нефти, а также рядом землетрясений, которые были зафиксированы в 1980-1988 гг. На геодинамическом полигоне используются высокоточные (2 класса точности) нивелирные наблюдения по сравнительно густой сети наблюдательных профилей. Точность нивелирования 2 класса означает, что среднеквадратическая погрешность случайных ошибок наблюдений составляет величину 2 мм на расстоянии 1 км.

В целом сеть, развёрнутая на геодинамическом полигоне ПАО «Татнефть», сохраняла свою структуру на протяжении всего срока эксплуатации. Но её локальные изменения также были не-

избежны из-за потерь первичных реперов и появления новых. Установка новых реперов не только решала задачу восстановления реперных точек, но и задачу модернизации сети наблюдений на каждом этапе её развития. Существенное уплотнение наблюдательных пунктов и оптимизация длин профилей произошли примерно к 2013 году.

Таким образом, историю развития и развёртывания нивелирной сети на геодинамическом полигоне ПАО «Татнефть» можно разделить на два временных этапа: 1) 1 этап – с 1991 года до начала 2000-х годов; 2) 2 этап – от начала 2010-х годов до настоящего времени.

Основные итоги анализа результатов измерений 1 этапа развития нивелирной сети были опубликованы в монографии «Современная геодинамика и сейсмичность Юго-Востока Татарстана» (Современная геодинамика ..., 2012). Результаты более поздних наблюдений описаны в отчётах о геодезических работах на геодинамическом полигоне за 2010-2019 гг.

Оценка относительных деформаций проводилась по методике, предложенной Ю.О. Кузьминым (Кузьмин Ю. О., 1999; Кузьмин Ю.О. 2018). Одним из наиболее важных положений методики Ю.О. Кузьмина является необходимость идентификации типа деформации. На основе данных повторного нивелирования могут быть обнаружены деформации изгиба разной амплитуды и протяжённости. Ю.О. Кузьминым были получены формулы для оценки связи относи-

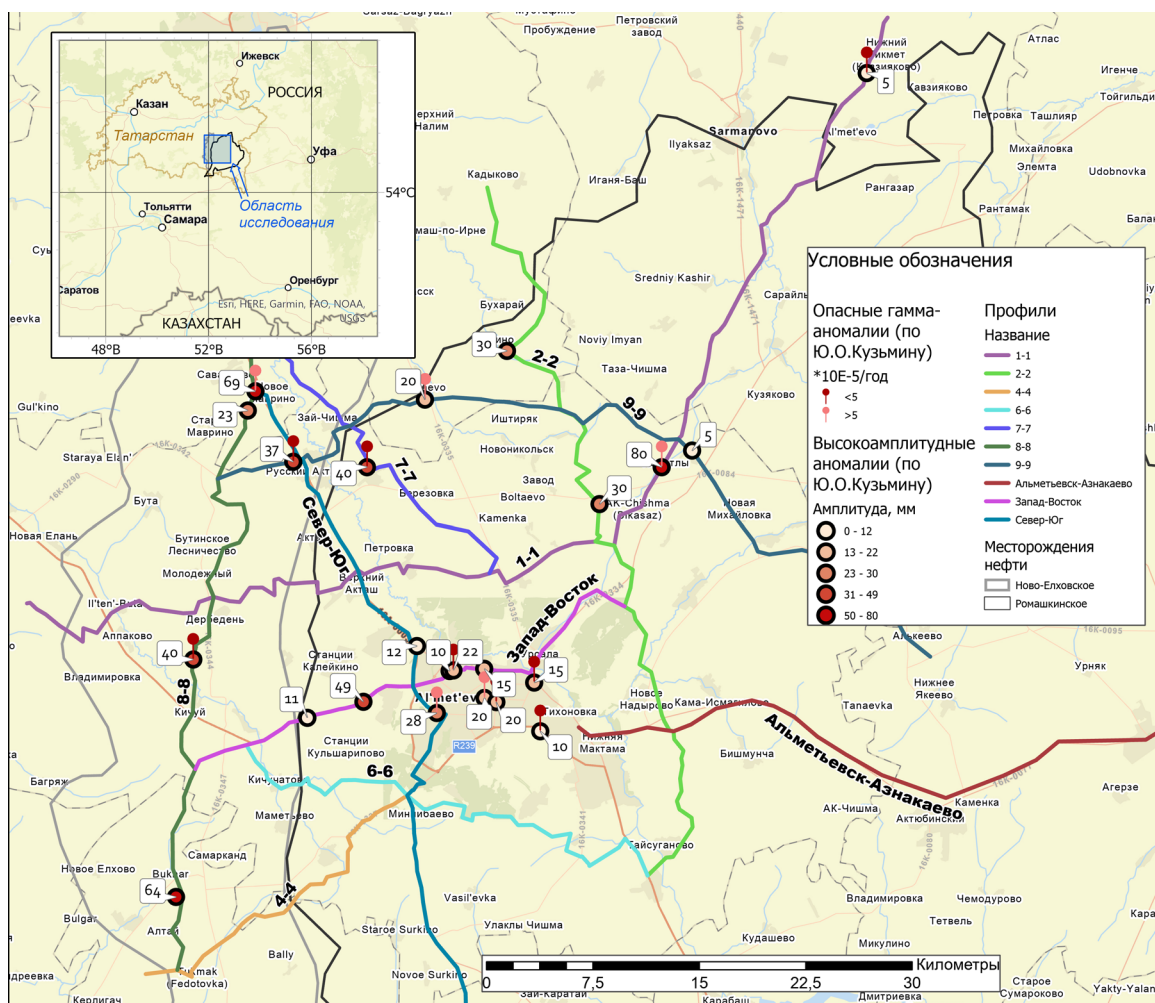


Рис. 1. Схема региональных профилей геодинамического полигона на юго-востоке Татарстана.

тельных деформаций изгиба с типовыми в маркшейдерии и инженерной геодезии формулами для расчёта кривизны деформации.

При проектировании ГДП подразумевалось, что на основе анализа повторных нивелирных наблюдений вдоль региональных профилей будут обнаружены обширные просадки земной поверхности, обусловленные интенсивной добычей нефти. Данные по локальным профилям, которые имеют повышенную пространственную детальность, в дополнение к контролю оседаний позволят выявлять аномальные локальные деформации земной поверхности, которые обусловлены активизацией разломных зон.

Обобщение многолетних нивелирных наблюдений в пределах ГДП привело к несколько иным от предполагаемых выводам:

1) Анализ результатов повторных нивелирных наблюдений, проведённых по региональным профилям, показал, что значимых накопленных обширных оседаний земной поверхности в зонах разработки месторождений нефти за период 1991-2018 гг. зафиксировано не было.

2) В период 1991-2012 гг. были выявлены зоны современных активных (опасных) разломов со среднегодовыми скоростями относительных деформаций порядка нескольких единиц  $10^{-5}$  в год. В период 2013-2018 гг. эти локальные аномалии типа  $\gamma$  (Кузьмин Ю. О., 1999; Кузьмин Ю. О. 2018), за исключением нескольких случаев, повсеместно исчезли. В целом следует отметить, что уровень деформационной активности земных недр, по данным региональных и локальных нивелирных профилей, существенно снизился.

3) Обнаружено, что в период подготовки ощутимого землетрясения, произошедшего в Альметьевске 29 мая 2008 г. с магнитудой в 4 балла, произошло поднятие земной поверхности в окрестности очаговой зоны, зафиксированное по данным нивелирования.

К настоящему времени традиционная методика анализа данных повторного нивелирования практически исчерпала свои возможности для получения новой информации о природе деформационных процессов. Авторы статьи предлагают иной подход к анализу результатов



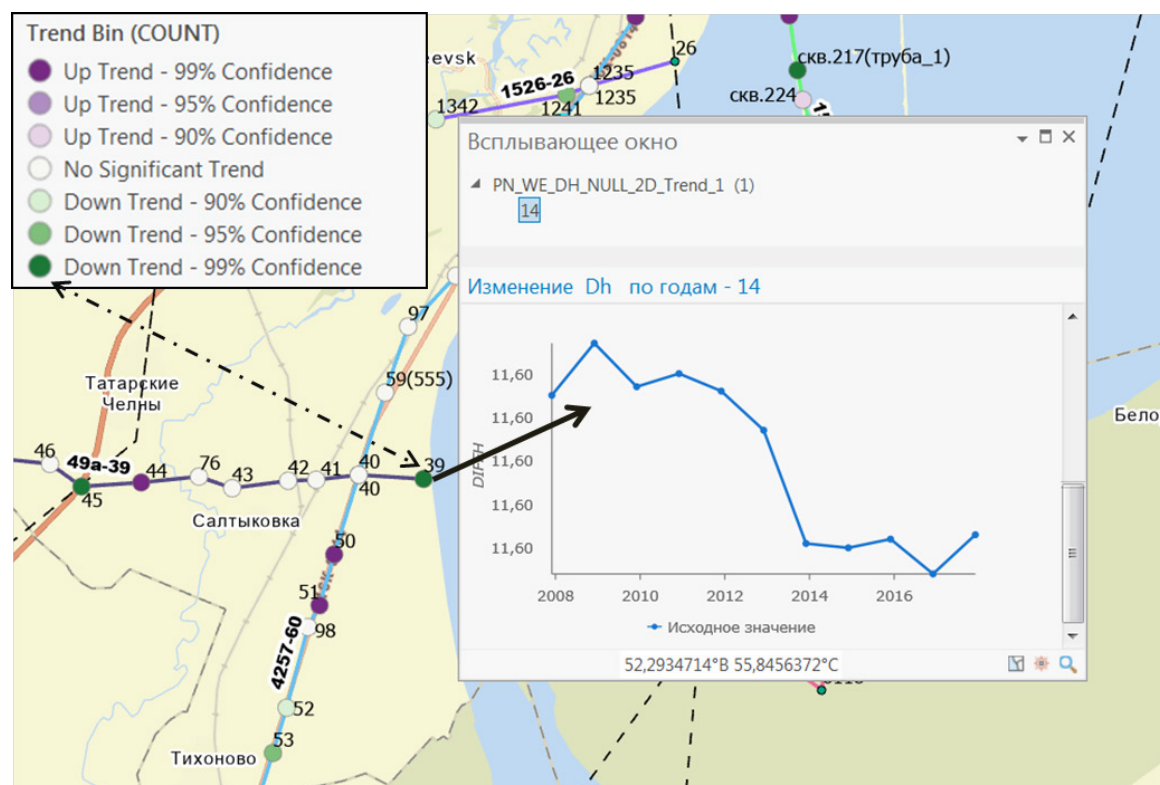
повторного нивелирования, подразумевая массовую обработку данных, охватывающую все измеренные вертикальные смещения за все годы наблюдения по всем без исключения профилям. Подобная обработка – попытка взглянуть на данные многолетнего повторного нивелирования иначе, а именно с точки зрения поиска и объяснения пространственных связей аномально-высоких амплитуд вертикальных смещений с другими проявлениями современной геодинамики (неотектоническая активность, плотность макротрещин). Кроме того, массовая обработка данных могла бы обнаружить аномальные участки вертикальных смещений, которые по каким-то причинам были пропущены при профильной ручной обработке измерений.

Поскольку за всё время действия геодинамического полигона не было выявлено ни одной значимой обширной просадки, исследование ограничилось поиском систематических локальных просадок.

**Материалы и методы.** Для решения исследовательских задач предварительно был собран и систематизирован большой объём фактического материала по результатам повторного нивелирования за период с 1991 по 2019 гг. Исходные данные были представлены в виде таблиц, содержащих номера профилей и реперов, расстояния между реперами, а также средние из-

меренные превышения (в миллиметрах) между реперами за каждый цикл измерений. Все таблицы были переработаны и приведены к единой форме, пригодной для выполнения пространственно-временного анализа с помощью инструментов геоинформационной системы (ГИС). В качестве базового программного продукта была выбрана ГИС ArcGIS Pro 2.4 (ESRI, США).

Инструментами анализа массива данных были инструменты создания, анализа и визуализации многомерных данных ArcGIS Pro – «Создать куб Пространство-Время из указанных местоположений» и «Визуализация куба Пространство-Время в 2D» (URL: <https://pro.arcgis.com>). Результатом работы этих инструментов является создание слоя точек-реперов наблюдения, в котором для каждого репера даётся оценка тренда временного ряда наблюдений. В качестве переменной была выбрана «эволюционная» разность смещения между циклами наблюдения. В «эволюционном» варианте изменения вертикальных смещений земной поверхности определяются вычитанием текущих величин превышений от значений, полученных при первом наблюдении (Кузьмин Ю.О., 1999). В этом случае прослеживается временная эволюция смещений земной поверхности. На **рисунке 2** показан пример классификации реперов наблюдения на Прикамском геодинамическом полигоне (части



**Рис. 2.**  
Визуализация результатов пространственно-временного анализа (пояснения в тексте).

общего ГДПАО «Татнефть»). Все пикеты классифицируются на 7 классов по признаку наличия или отсутствия тренда в изменчивости величины  $\Delta h$  («эволюционная» разность смещений) от времени. Зелёными точками показаны реперы, в которых выявлен отрицательный тренд, фиолетовыми – положительный. Чем насыщеннее цвет символа, тем выше достоверность обнаруженного тренда в данной точке. Так, например, для репера 39 профиля 49а-39 показан график изменения величины  $\Delta h$  по годам. Кривая явно имеет отрицательный тренд, что и подтверждается статистически.

Тёмно-зелёный символ, установленный программой для репера 39, говорит о том, что определение отрицательного тренда изменчивости величины вертикального смещения достоверно с вероятностью 99%.

Точки с положительными трендами не рассматривались, т.к. измеренные величины являются относительными величинами, и изгиб вниз и изгиб вверх линии графика « $\Delta h$ -год» на двух соседних реперах будут отображать одну и ту же деформацию.

В результате массовой обработки среди всех реперов региональных и локальных профилей были выявлены реперы, в которых систематически (год за годом, или с перерывами) наблюдались отрицательные аномалии вертикальных смещений

с амплитудой не менее 5 мм. Эти реперы также хорошо видны на «эволюционных» графиках вертикальных смещений (рис. 3). Всего было выявлено 84 репера с систематическими просадками. Многие из обнаруженных просадок существовали продолжительное время – до 27 лет.

Далее рассчитывались относительные деформации изгиба по формуле Ю.О. Кузьмина, относительные деформации изгиба  $f/L$  по формуле, рекомендованной нормативными документами (СП 22. 13330.2011., 2011; Рекомендаций по учёту., 1986), а также относительные деформации наклона по формуле, рекомендованной нормативными документами СП 22. 13330.2011 и «Рекомендаций по учёту и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов» (рис.4). В тех местах, где изгиб или наклон фиксировался не тремя реперами, а их большим числом, в расчётах учитывались все реперы, которые описывали деформацию.

Для выяснения природы возникновения систематических просадок паттерн точек систематических просадок был сопоставлен с поверхностями, отражающими современные геодинамические условия территории исследования. К этим поверхностям относятся поверхность макротрещиноватости пород осадочного чехла (рис.5) и морфометрическая поверхность (рис. 6).

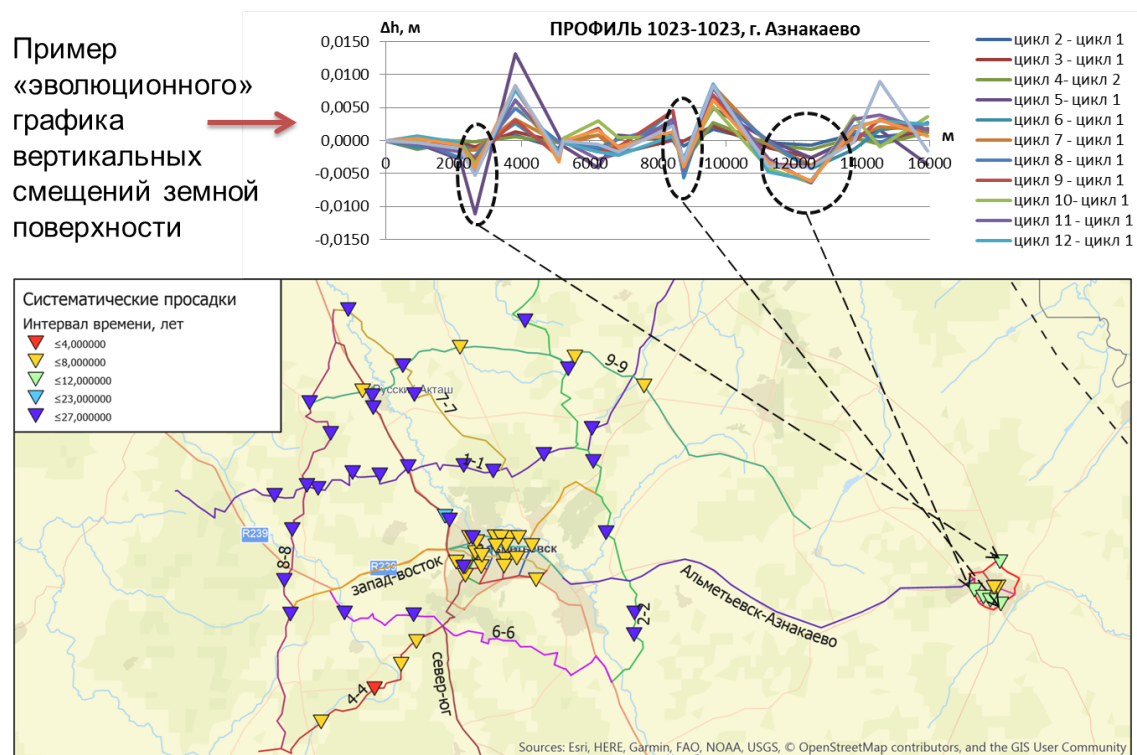
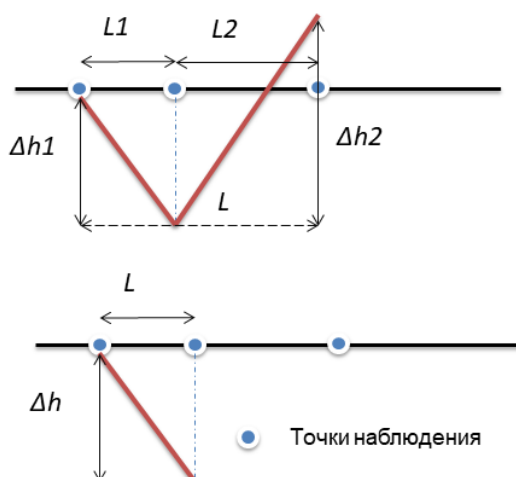


Рис. 3.

Распределение мест систематических просадок на территории ГДП. В верхней части рисунка показан пример «эволюционного» графика вертикальных смещений для профиля 1023-1023 Азнакаевского локального полигона. Чёрными пунктирными линиями отмечены реперы, в которых систематически наблюдались просадки.





### Деформация изгиба

$$f/L = (\Delta h_1 - \Delta h_2) / 2 \cdot (L_1 + L_2) \quad (\text{Норм. документ})$$

$$f/L = 0.5 \cdot (\Delta h_1 / L_1 - \Delta h_2 / L_2) \quad (\text{Ю.О. Кузьмин})$$

### Деформация наклона (крен)

$$f/L = \Delta h / L \quad (\text{Норм. документ})$$

Рис. 4.

Формулы для расчета деформаций изгиба и наклона (Кузьмин Ю.О., 1999; СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»..., 2011).

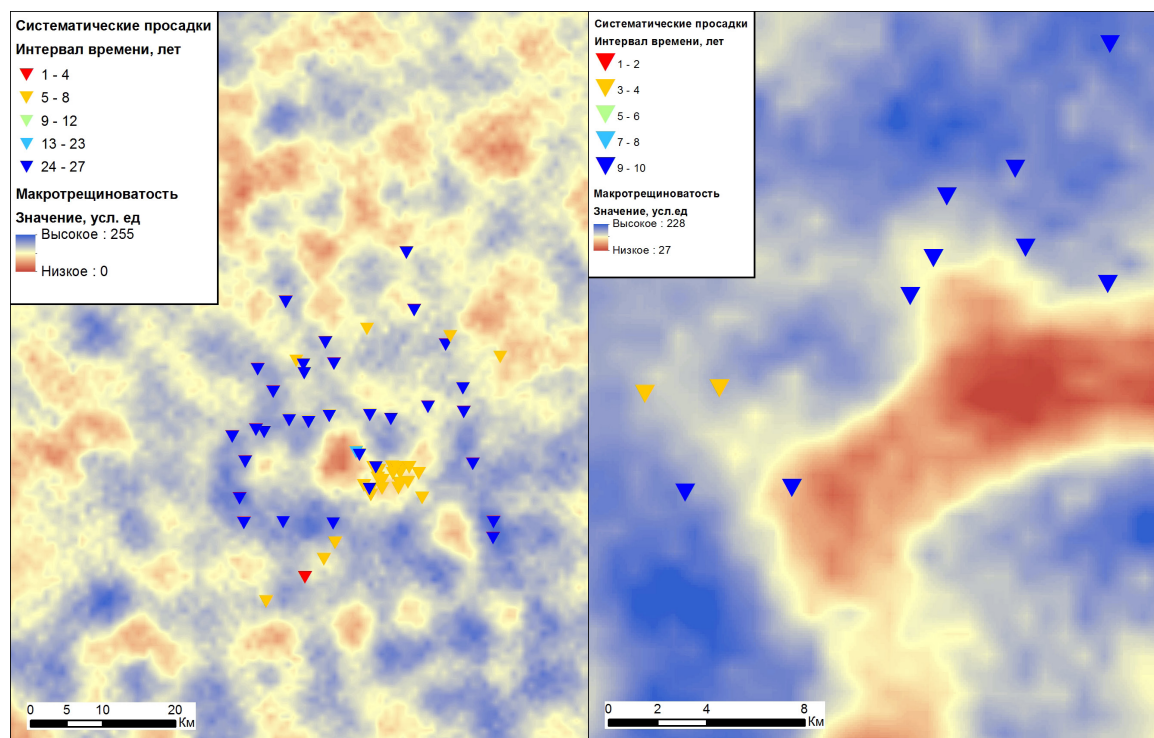


Рис. 5.

Распределение систематических просадок по поверхности макротрещиноватости: а) ГДП Ромашкинского месторождения; б) ГДП Прикамской зоны.

Обе поверхности являются производными от поверхности цифровой модели рельефа масштаба 1:200000. Поверхность макротрещиноватости показывает распределение интегральной макротрещиноватости пород осадочного чехла, и рассчитывается как плотность элементарных линейных объектов рельефа – тальвегов и водоразделов в скользящем окне (Zlatopolsky A.A., 1992). Морфометрическая поверхность, представленная на рисунке 6, является разностью базисных поверхностей 1-ого и 2-ого порядков и рассчитывается с использованием инструментов гидрологиче-

ского моделирования. Методика расчёта и интерпретации морфометрических поверхностей изложена в работах (Философов В. П., 1975; Чернова И.Ю. и др., 2010; Чернова И.Ю. и др., 2011; Нургалиев Д.К. и др., 2011). В работе (Чернова И.Ю. и др., 2011) показано, что разность базисных поверхностей 1-ого и 2-ого порядков является прямым отражением современной геодинамической активности территорий исследования. Эта поверхность показывает знак и интенсивность движений, возраст которых не превышает  $10^2 - 10^4$  лет.

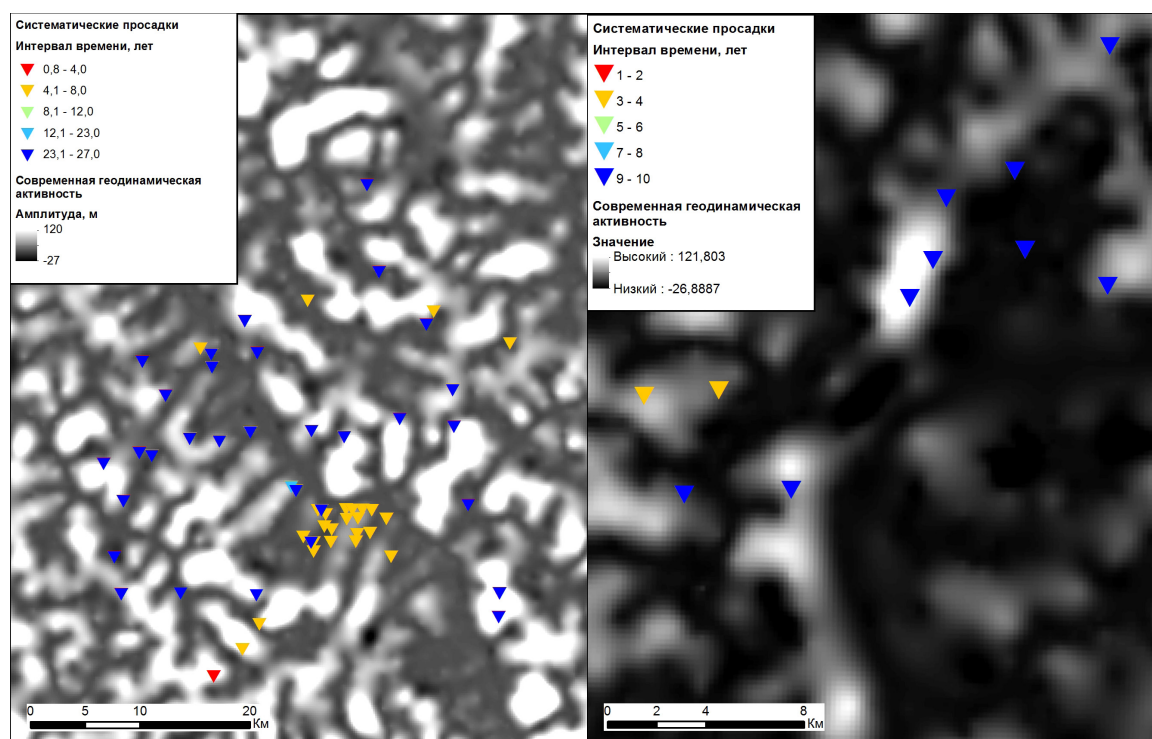


Рис. 6.

Распределение систематических просадок на карте современной геодинамической активности:  
а) ГДП Ромашкинского месторождения; б) ГДП Прикамской зоны.

**Результаты.** Наложение выявленных мест систематических просадок на карту плотности линейментов показывает пространственную взаимосвязь систематических просадок земной поверхности с областями повышенной макротрещиноватости (рис.5). Трещинные зоны составлены из множества фрагментов земной коры, которые являются более подвижными относительно ограничиваемых ими блоков. Фрагменты внутри трещинных зон также подвижны относительно друг друга и могут создавать на поверхности земли многочисленные локальные просадки.

Наложение мест систематических просадок на карту современной геодинамической активности (рис.6) показывает, что подавляющее большинство мест выявленных просадок расположены в областях относительного опускания (области относительного опускания окрашены в чёрный и тёмно-серый цвета). А некоторые из них, которые также являются выявленными Ю.О. Кузьминым участками опасных локальных деформаций изгиба, расположены на границе опускающихся и поднимающихся участков. Периодически возобновляющиеся воздымания одних микроблоков относительно других может сопровождаться также и деформацией растяжения, которые создают гамма-аномалии (иначе, суперинтенсивные деформации или СД-аномалии, или аномалии типа у) на поверхности земли.

Таким образом, возникновение систематических просадок, в том числе, локальных опасных деформаций земной поверхности объясняется естественными причинами, исходящим из природы современных геодинамических процессов, распространённых на территории ГДП.

**Обсуждение и выводы.** Базовой процедурой при оценивании уровня геодинамической опасности любых объектов, расположенных на земной поверхности, является сопоставление измеренных в результате геодинамического мониторинга деформаций земной поверхности с нормативно-допустимыми значениями. В случае, когда измеренный уровень деформаций участка земной поверхности сопоставим или превосходит нормативные значения, данный участок является геодинамически опасным для объектов, расположенных в его пределах.

В подавляющем большинстве нормативных документов используются такие параметры деформационного процесса, как относительные деформации сжатия и растяжения, наклоны земной поверхности, радиус кривизны, относительная неравномерность осадок, крен и т. д. (СП 22.13330.2011, 2011; Рекомендаций по учёту., 1986). Зачастую эти понятия являются синонимами, отражая специфику отраслевой терминологии. Так, например, наклон формально подобен крену, мульда оседания (сдвигения) – прогибу и т. п. В нормативном документе СП 22.13330.2011



Таблица 1.

Среднегодовые скорости относительных деформаций на территории ГДП.

Наименование профиля	Номер аномального репера	Среднегодовая скорость относительных деформаций изгиба по Ю.О. Кузьмину	Среднегодовая скорость относительных деформаций изгиба в соответствии с нормативными документами	Среднегодовая скорость относительных деформаций наклона в соответствии с нормативными документами	Уровень относительно деформации
Зона Ромашкинского полигона					Условно допустимый
1-1	5336	$1,3 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	-	$2,6 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	
7-7	2612	-	-	$1,42 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	
2-2	2626	-	-	$1,47 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	
Прикамская зона					
4257-60	7548	$2,1 \cdot 10^{-5}$ /год (6)	$1,07 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	$1,92 \cdot 10^{-5}$ /год (6)	
4257-60	1280	$1,9 \cdot 10^{-5}$ /год (6)	-	$2,63 \cdot 10^{-5}$ /год (7)	
4257-61	1501	$1,8 \cdot 10^{-5}$ /год (6)	-	$2,27 \cdot 10^{-5}$ /год (9)	
1526-26	1549	$3,6 \cdot 10^{-5}$ /год (2)	-	-	
49а-39	45	$1,04 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	-	$1,36 \cdot 10^{-5}$ /год (2)	
Альметьевский локальный полигон					
8759-3131	0223	$3,3 \cdot 10^{-5}$ /год (7)	$1,17 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	$1,63 \cdot 10^{-5}$ /год (6)	
1347-3604	122	$1,1 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	-	$1,7 \cdot 10^{-5}$ /год (2)	
8759-3825	1502	$1,8 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	-	$2,77 \cdot 10^{-5}$ /год (1)	
8759-3131	2862	$3,96 \cdot 10^{-5}$ /год (7)			
Азнакаевский локальный полигон					
1794-1794	1794	$3,5 \cdot 10^{-5}$ /год (4)	-	-	
7712-0035	1794	$3,7 \cdot 10^{-5}$ /год (4)	-	-	
7712-0035	668	$1,4 \cdot 10^{-5}$ /год (2)	-	-	
7712-0035	9916	$1,75 \cdot 10^{-5}$ /год (2)	-	-	

**Примечание**

Число в скобках слева от значений среднегодовой скорости относительных деформаций указывает, сколько раз аномалия была зафиксирована на данном репере. Значения скоростей относительных деформаций являются максимальными из всех обнаруженных на данном репере.

«Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83» даны определения таких понятий, как осадки, просадки, подъёмы и оседания, которые обусловлены совершенно различными экзогенными, техногенными и прочими причинами, но по форме проявления вертикальных смещений земной поверхности все эти типы деформационного процесса сводятся к изгибу (положительному или отрицательному).

Согласно классификации элементарных типов деформаций СД-аномалии и обнаруженные систематические просадки представляют собой локальные изгибы земной поверхности в окрестности разломной зоны.

Для того чтобы оценить геодинамическую опасность объектов, расположенных в разломной зоне, необходимо сравнить относительные деформации изгиба с допустимыми и предельными величинами, регламентированными в нормативных документах. В РД 54-1-96 «Инструкция по охране окружающей среды ...» (РД 54-1-96 ..., 1992) уровни величин деформации представлены в следующей классификации:

- допустимый – величина относительного деформирования геологической среды не превышает  $5 \cdot 10^{-6}$ , т.е. линейные размеры участка геологической среды длиной в 1 км изменяются во времени (в среднем за 1 год) не более чем на 5 мм;

- условно допустимый – величина относительного деформирования геологической среды не превышает  $10^{-5}$ , т.е. линейные размеры участка геологической среды длиной в 1 км изменяются во времени (в среднем за 1 год) не более чем на 10 мм;

- аномальный – величина относительного деформирования геологической среды превышает  $5 \cdot 10^{-5}$ , т.е. линейные размеры участка геологической среды длиной в 1 км изменяются во времени (в среднем за 1 год) более чем на 50 мм.

Поскольку временные интервалы между всеми циклами нивелирных измерений известны, для реперов с систематическими просадками были рассчитаны скорости деформационных процессов. Скорости деформационных процессов в данном случае являются величинами относительного деформирования геологической среды за 1 год.

Сравнение рассчитанных скоростей деформаций с нормативными значениями показало, что из 84 мест систематических просадок только 17 относятся к местоположениям с уровнем, превышающим условно допустимый уровень, и нет ни одного – с аномально опасным уровнем деформации.

В **таблице 1** перечислены пикеты (с номерами профилей), которые являются центральными точками просадок. Для них указаны максимальные величины среднегодовых скоростей

Таблица 2.

Сведения о местоположении аномалий типа  $\gamma$ .

Наименование профилей	№№ аномальных реперов	Среднегодовая скорость относительных деформаций	Уровень относительной деформации
Зона Ромашкинского полигона			Опасный
1-1	9313-9865-9492	8·10 <sup>-5</sup> /год	
	3725-3961-9387	5·10 <sup>-5</sup> /год	
8-8	4026-7901-1642-2600	8·10 <sup>-5</sup> /год	
9-9	3651-8768-9101-2995	5,3·10 <sup>-5</sup> /год	
Север – Юг	6496-2981-3492-3045	6·10 <sup>-5</sup> /год	
Запад – Восток	2862 – 9237- 138- 3320	5·10 <sup>-5</sup> /год	
Альметьевский локальный полигон			
8759-3807	4042-1546-4646	6·10 <sup>-5</sup> /год	
Региональные профили			
7-7	5840-410-8884-5666	4·10 <sup>-5</sup> /год	
8-8	5315-5308-1680	3·10 <sup>-5</sup> /год	
9-9	3633-3919-8818	2,4·10 <sup>-5</sup> /год	
Азнакаевский локальный полигон			
8759-3131	135-1237-102-1529	2,2·10 <sup>-5</sup> /год	
8759-3825	3582-3465-3825	2,4·10 <sup>-5</sup> /год	
1347-3604	5029-122-4715	3·10 <sup>-5</sup> /год	
Азнакаевский локальный полигон			
7712-0035	1794-1247-9301-4520	3·10 <sup>-5</sup> /год	

относительных деформаций. В среднем по всему массиву данных скорости относительных деформаций изгиба, рассчитанные по формуле Ю.О. Кузьмина в 2 раза больше, чем скорости относительных деформаций изгиба, рассчитанные по формуле нормативного документа, что полностью соответствуют теоретическим выкладкам Ю.О. Кузьмина (Кузьмин Ю.О., 2019).

Логично было ожидать, что места суперинтенсивных деформаций, выявленные по методике Ю.О. Кузьмина, должны совпадать с участками систематических просадок с максимальными значениями скоростей относительных деформаций. Но по факту только 7 из 14 мест СД-аномалий попадают на места систематических посадок. Причём максимальные величины относительных деформаций, рассчитанные при массовой обработке нивелирных данных, не совпадают с оценками, выполненными Ю.О. Кузьминым ранее (**таб. 2**). Причинами настоящих несоответствий являются:

- разный подход к оценке ширины локальной деформации при ручной экспертной оценке и при массовой машинной обработке. При ручной обработке оценка величин L1, L2 (**рис.4**) может быть более точной;

- идентификация аномалий типа  $\gamma$  была выполнена, в основном, в 1992- 2003 годы. Первичные источники информации частично утеряны,

и часть данных о вертикальных смещениях не попали в массовую обработку сейчас. В первую очередь это относится к региональным профилям 1-1, 9-9, а также профилям Альметьевского локального полигона, в пределах которого часть первичных стенных реперов была утеряна при реконструкции зданий;

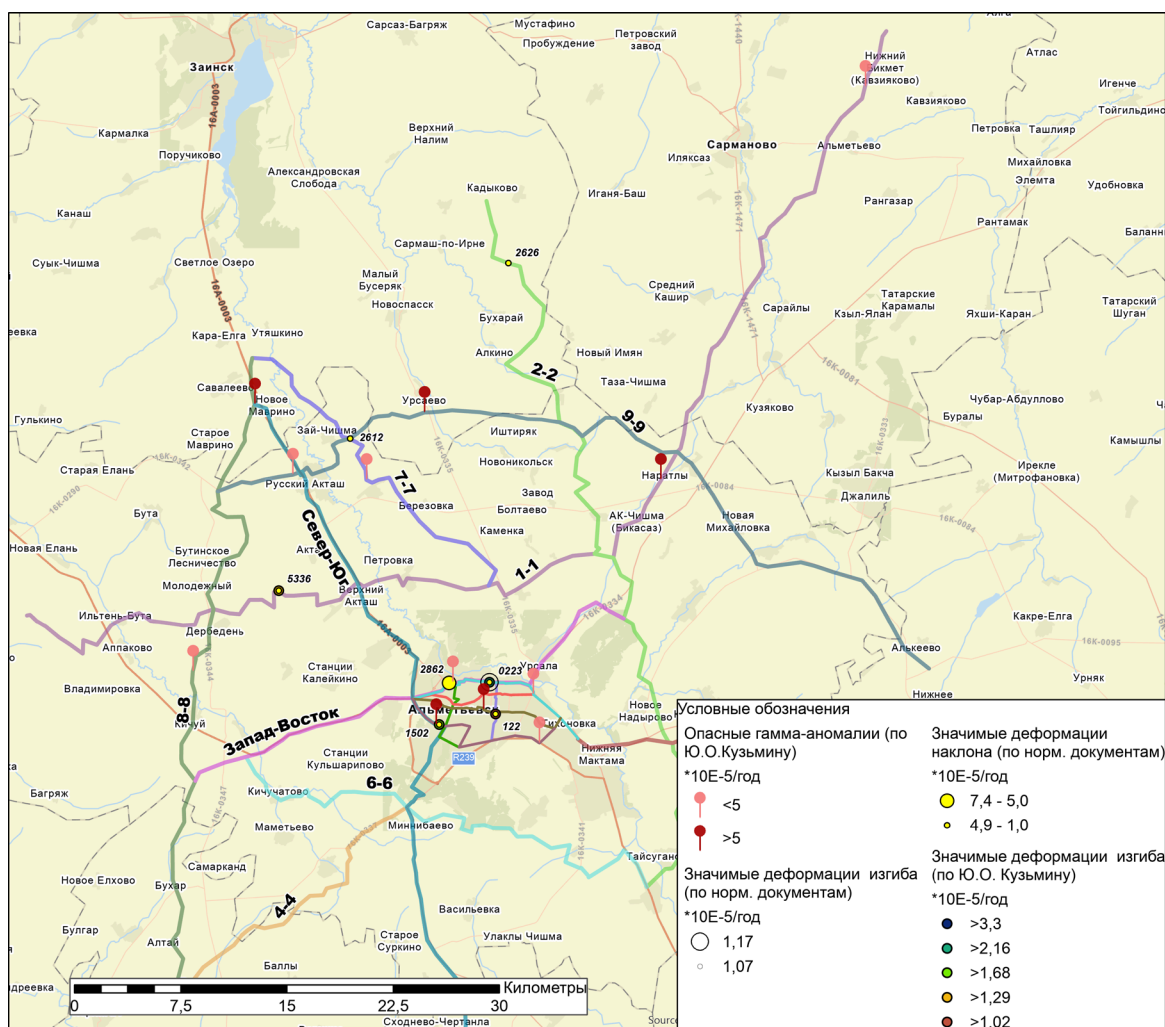
- проблемы с определением координат центров  $\gamma$ - аномалий, поскольку некоторое число реперов было утрачено в период эксплуатации ГДП, они заменялись новыми, зачастую с новыми местоположениями и новыми номерами.

В **таблицу 2** сведена вся архивная информация о местоположениях аномалий типа  $\gamma$ , выявленных Ю.О. Кузьминым в разные годы. Местоположение аномалий удалось определить по материалам опубликованных статей и отчётов с разной степенью точности.

На **рисунке 7** представлены карты распределения мест систематических посадок, для которых уровень относительного деформирования геологической среды многократно (от 2-х до 9-и раз) превышал условно допустимый уровень за время эксплуатации ГДП. На карты также вынесены все места обнаружения аномалий типа  $\gamma$ .

Обобщая архивные данные, можно утверждать, что из 84 потенциально опасных зон деформации 7 могут быть оценены как опасные





**Рис. 7.**  
Распределения мест систематических посадок, для которых уровень относительного деформирования геологической среды является опасным или условно допустимым:  
а) зона Ромашкинского полигона;  
б) Прикамская зона.



(табл. 2). Ещё 15 могут быть отнесены к местам с условно допустимым уровнем деформации. Поскольку величины превышений между реперами в аномальных участках превосходили погрешность наблюдения в 2-3 раза, определе-

ние уровня относительного деформирования геологической среды является надёжным. Естественно, что указанные зоны деформирования должны быть учтены при модернизации сети нивелирования на ГДП ПАО «ТАТНЕФТЬ». ❧

## Литература

1. Современная геодинамика и сейсмичность юго-востока Татарстана [Текст]: [монография] / [Р. С. Хасимов и др.; науч. ред.: Р. С. Хасимов, Ю. О. Кузьмин]; Открытое АО «Татнефть». – Казань: Академия наук РТ: ФЭН, 2012. – 238 с.
2. Кузьмин Ю. О. Идентификация результатов повторных геодезических наблюдений при оценке геодинамической опасности объектов недропользования Вестник СГУГиТ, Том 23, № 4, 2018, с.46-66
3. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. М.: Агентство экономических новостей. 1999. 220 с.
4. <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/2.6/tool-reference/space-time-pattern-mining/an-overview-of-the-space-time-pattern-mining-toolbox.htm>
5. СП 22. 13330.2011 «Основания зданий и сооружений» (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83). Электронный текст документа подготовлен АО «Кодекс» и сверен по: официальное издание М.: Минрегион России, 2011. Электронный документ <http://docs.cntd.ru/document/1200084710>
6. Рекомендаций по учёту и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов. – М.: Стройиздат. – 1986. – 101 с.
7. Zlatopolsky A.A. Program LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis) automated linear image features analysis – experimental results, Computers & Geoscience, 1992, vol. 18, N 9, pp. 1121-1126
8. Философов В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Под ред. проф. Вострякова А. В. Изд-во Саратовского ун-та. 1975. 232.
9. Чернова И.Ю., Нугманов И.И., Даутов А.Н. Применение аналитических функций ГИС для усовершенствования и развития структурно-морфологических методов изучения неотектоники. Геоинформатика/Geoinformatica. № 4. 2010. 9-23.
10. Чернова И.Ю., Нугманов И.И., Лунева О.В., Даутов А.Н. О связи неотектоники и современной геодинамики // Ученые записки Казанского университета, серия Естественные науки. -2011. - т.153. -книга 3.- С.1-15.
11. Нургалеев Д.К., Чернова И.Ю., Нугманов И.И. Современная геодинамика и свойства нефтей месторождений Республики Татарстан (статья) Георесурсы, 6(42), 2011, С.2 -5. 4 с.
12. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика: от движений земной коры до мониторинга ответственных объектов. Физика Земли, 2019, № 1, с. 78-103
13. РД 54-1-96 «Инструкция по охране окружающей среды ...» Минтопэнерго РФ, Минприроды РФ, 25.01.1996, «Критерии оценки экологической обстановки для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия» Роскомэкология, 1992

UDC 551.24

**I.Yu. Chernova**, Associate Professor of the Department of Geophysics and Geoinformation Technologies, [inna.chernova@kpfu.ru](mailto:inna.chernova@kpfu.ru)  
**D.K. Nourgaliev**, Vice-Rector for Oil and Gas Technologies, Environmental Management and Earth Sciences, [danis.nourgaliev@kpfu.ru](mailto:danis.nourgaliev@kpfu.ru)  
**O.V. Luneva**, Assistant of the Department of Geophysics and Geoinformation Technologies, [olunjova@yandex.ru](mailto:olunjova@yandex.ru)  
**R.V. Sahautdinov**, Head of Topographic and Geodetic, Property, Surveying Works (UTGIMR), Tatneft-Dobycha, PJSC «Tatneft»  
[SahautdinovRV@tatneft.ru](mailto:SahautdinovRV@tatneft.ru)  
**D.M. Gilaeu**, Head of the Department of Topographic-Geodesic and Surveying Works – Deputy Head of UTGIMR JV «Tatneft-Dobycha» PJSC «Tatneft», [gilaeuvm@tatneft.ru](mailto:gilaeuvm@tatneft.ru)  
**M.H. Rahmatullin**, Lead Engineer of the Mine Surveyor and Geodetic Group of the Mine Surveyor and Land Management Center  
[RahmatullinMH@asu.tatneft.ru](mailto:RahmatullinMH@asu.tatneft.ru)

## RELEVELING DATA IN SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF VERTICAL MOVEMENTS OF THE EARTH'S SURFACE WITHIN A GEODYNAMIC TEST SITE BELONGING TO THE PJSC TATNEFT

**Abstract:** The geodynamic test area covers the southeastern part of the Republic of Tatarstan (Russia) which is a region with intensive oil production and recurring seismic events. The test area also comprises the largest oilfields – Romashkinskoye and Novo-Elkhovskoye – and during the past 28 years, releveling was regularly carried out within this area. Traditional methods for processing releveling data imply calculating and analyzing the amplitudes of vertical movements over one or several years along a certain individual profile. In this paper, a new method for analyzing long-term releveling data sets is proposed which makes use of all measurements over the entire observation period along all profiles. The new method utilizes spatiotemporal analysis tools integrated into ArcGIS Pro GIS software. This study was limited to local subsidence events, since no extensive subsidence (which could have been caused by intensive oil production) was observed during the operation of the test area. Mass data processing revealed 84 ground control points in which subsidence with an amplitude of at least 5 mm per year was observed constantly. Comparison of the systematic subsidence map and the modern geodynamics map shows that the overwhelming majority of subsidence points are located within areas of tectonic subsidence. Out of 84 potentially dangerous deformation zones, 7 were rated as dangerous. Deformation assessment was considered reliable since the amplitudes of vertical displacements in the anomalous areas exceeded the observation accuracy by 2-3 times. Thus, the systematic subsidence zones (including local dangerous deformation zones) found in the testing site are of natural cause originating from modern geodynamic environment within the study area.

**Keywords:** geodynamic test site, releveling, neotectonics, vertical movements, fault, relative bending deformation, deformation rate.





Устьянцев В.Н.  
геолог  
uvn\_50@mail.ru

# ЭНЕРГИЯ РУДООБРАЗОВАНИЯ. УРАН, ГЕЛИЙ, ВОДОРОД КАК ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА УГЛЕВОДОРОДОВ

*В статье рассматриваются процессы, под воздействием которых формируются минералогические ассоциации.*

**Ключевые слова:** мантия, земная кора, кремневодород, теорема доказанная И. Пригожиным.

Ещё в начале 20-х годов прошлого столетия В.И. Вернадский писал, «о необходимости создания «науки будущего», науки – изучающей «энергетику нашей планеты. Всё меняется (в геологическом масштабе времени) и меняется не хаотически, а сохраняя некоторую направленность. Постепенно вещество земной коры всё более и более дифференцируется. Идёт не усреднение, а пространственное разделение элементов, минералов, горных пород. Это направленное развитие «представляет другую сторону – другой аспект эволюционного учения» (В.И. Вернадский, 1920).

В.И. Попов (1938) выделил 13 градаций волновых пульсаций от крупных до сейсмических волн и подчеркнул, что «в развитии крупных и длительных волновых колебаний интегрируются по правилам своеобразного «естественного отбора» бесконечные ряды соподчинённых, более мелких и более частых, колебаний, в которых непрерывно содрогается тело нашей планеты».

«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 её геологическом пространстве.

Данное обстоятельство, даёт возможность широкого применения метода аналогии в геологии.

Закономерности строения блоков земной коры проявляются на региональном уровне, что очень важно для решения вопросов районирования и прогнозирования.

Исследования С.В. Старченко 2009, позволяют решить обратную задачу и установить причины и следствия структурно-вещественного преобразования системы Земли и концентрации минерального сырья под воздействием волны энергии мощностью 10-13 ТВт и сделать следующие выводы:

Область: граница ядро-мантия, является зоной, где происходит возникновение волны энергии, под воздействием которой и происходит вещественно-структурное преобразование системы Земли. Ювенильные постмагматические растворы – тяжёлая вода, является замедлителем «ядерных» реакций, возникающих в зоне системы: ядро – подошва мантии (расплавы оболочки D11). С постмагматическими растворами (ювенильными), связывается генезис всего спектра элементов, которые принимают участие в формировании месторождений минерального сырья, локализация которого происходит в блоках земной коры, причём локализуются месторождения в блоках – закономерно.

Ядро системы Земли, представляет собой ядерный реактор, включая и оболочку D11.

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 определённому закону, то есть, проявлена комплементарность системным свойствам волны энергии. Проявлена, как показано в работе дискретность, периодичность размещения месторождений минерального сырья.

Суммарная мощность волны энергии, исходящей из области ядра и подошвы нижней мантии, составляет примерно от 10 до 13 ТВт. То есть, под воздействием волны энергии мощностью от 10 до 13 ТВт, происходит структурно-вещественное преобразование автоколебательной системы Земли.

Это положение является основополагающим, для понимания архитектуры системы Земли и механизма процессов, происходящих в её пространстве.

Работы М.В. Петровского, А. Кайе, П. Трикара, показали, что «тектонические структурные формы, образующиеся в земной коре, отображаются в виде определённых форм рельефа. Эпейрогенетические процессы выразились в периодической деформации, которые возникают при прохождении волны, генерируемой в недрах Земли. Колебания разных порядков, возникающие в Земле, установлены путём точных инструментальных измерений. Суммирование колебаний приводит к возникновению явления резонанса» [5].

«В основе понимания развития и районирования земной коры и её 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] [5,7].

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.

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

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

Разделённые 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.

М.М. Кухтиков (1968) отмечал, что в направлении простирающихся зон межзональные разломы непрерывно прослеживаются на многие десятки и сотни километров, т.е. на те же расстояния, что и тектонические зоны складчатой области. Как показало моделирование (Гарат И.А. 2001), «энергия упругой волны, генерируемой локальным генератором, увеличивает проницаемость ослабленных зон и нарушений на два порядка, при этом пористость возрастает в пять раз». Данный факт объясняет высокую степень проницаемости зон систем глубинных разломов и их высокую энергетику.

Цикличность формирования месторождений гранитных пегматитов в геологической истории Земли, удалось выявить Ткачеву А.В.: «Было установлено, что «абсолютные максимумы интенсивности попадают в следующие интервалы (млрд лет): 2,65-2,60; 1,90-1,85; 1,00-0,95; 0,55-0,50 и 0,30-0,25. Если исключить интервал 0,55-0,05, то остальные находятся на расстоянии 0,8+0,1 млрд лет, то есть формируют квазирегулярную цикличность. С другой стороны, выпавший из этой последовательности пик 0,55-0,50 вместе с более слабыми пиками второго порядка образуют ещё один ряд: 1,2-1,15; 2,1-2,05 и 2,85-2,8 совпадают с завершающими фазами импульсов самого интенсивного роста ювенильной континентальной коры в истории Земли. Процесс происходил волнообразно».

Сотрудниками Института физики Земли АН СССР, выявлена аномалия, путём вычисления изостатических аномалий силы тяжести, осреднённых по площадям  $1^\circ \times 1^\circ$ , и обусловлена обширными плотностными неоднородностями на больших глубинах.

На этом фоне проявлены региональные аномалии с довольно значительными горизонтальными градиентами – до 0,15 мЛг/км, их амплитуда достигает нескольких десятков миллигал. Наиболее крупные отрицательные аномалии охватывают Среднюю Азию при плотности  $B=-1$ , мощность слоя (аномалии) больше 500 км на Памиро-Алае, 350-500 км в Северном и Южном Тянь-Шане, Бухаро-Газлинском и Марийском районах, и 150-300 км – Ферганской долине и Туранской плите. (ИФЗ РАН РФ).

Теорема доказанная И.Р. Пригожина (1947), термодинамики 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, при-



йти 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.

«Валовый химический состав Земли очень близок к составу углистых хондритов – метеоритов, по составу близких первичному космическому веществу, из которого формировалась Земля и другие космические тела Солнечной системы. ...»

Среднее содержание воды в нижней мантии оценивается ~1500 г/т. Несмотря на столь невысокие содержания, вода образует огромный резервуар в нижней мантии, масса которого должна составлять ~45.45×10<sup>23</sup> грамм воды, т.е. ~3.3 массы океанов. Главным источником воды в нижней мантии являлась первичная вода, сохранившаяся с ранних стадий эволюции Земли» (Ф.В. Каминский, 2018).

«Молекулярный водород при высоких температурах принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях с железосодержащими силикатами и углеродсодержащими газами (CO, CO<sub>2</sub>), что определяет возможность синтеза воды» (В.Н. Румянцев, 2016).

### Образование углеводородов

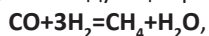
Опыты показали, что углеводороды действительно образуются при подобных условиях (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>)» [В.И. Вернадский, 1934].

«CO является продуктом реакции, исследованной подробно А. Готье:



Эта обратимая реакция, в которой участвует водород, который всегда есть в магмах и изверженных породах. Возможно, что это одна из реакций поглощения кислорода в глубоких сферах земной коры» [В.И. Вернадский, 1934].

«Ювенильная окись углерода, возможно, и существует без какой-либо генетической связи с CO<sub>2</sub> так, как следующая реакция изученная А. Брэди:



которая обратима, как и все другие подобные реакции, указывает на возможность образования CO, при действии воды на метан. Окись углерода, несомненно, очень устойчива при высоких температурах и должна собираться, не разлагаясь, в глубоких частях коры» [В.И. Вернадский, 1934].

«Нахождение элементов в кремнеалюминиевых массах – сложных, вечно изменчивых системах, более или менее вязких, обладающих высокой температурой и высоким давлением переполненных газами (метан + перегретые пары воды и др.» [В.И. Вернадский, 1934].

### Выделены резервуары:

PM – примитивная мантия (на время 4,5 млрд лет); BSE – однородный хондритовый резервуар (современный); PREMA – наиболее примитивный состав мантии, сохранившийся с самой ранней стадии развития Земли;

### PHEM – примитивная гелиевая мантия;

FOZO – нижняя мантия, как результат дифференциации однородного хондритового вещества; LM – нижняя мантия; UM – верхняя мантия; DM – деплетированная мантия (истощённая); EM – обогащённая мантия; HIMU – обогащённая ураном, торием, свинцом мантия, образовавшаяся в первые 1,5-2,0 млрд лет;

C – континентальная кора в целом;

A – атмосфера;

P – источник типа «плюм» (горячая точка) [А.Ф. Грачев].

После открытия в 1969 году первичного **планетарного гелия** [Мамырин 1969], появилось большое количество работ, подтверждающих данный факт. В результате изотопная система **Ge-Ar** оказалась достаточно хорошо изученной и основные мантийные резервуары для Земли, известные на сегодня, включая данные по Sr, Nd, Pb.

В.И. Вернадский, 1934, о гелии:

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

Открылись гелиеносные газовые поля, заключающие скопления гелия, могущие с избытком покрыть, не истощаясь, требования современного воздухоплавания. На одном заводе в Тестере в Колорадо, где существуют газовые струи, содержащие до 7–8% объемных гелия (1930), добывается в год 339 800 м<sup>3</sup> гелия, т. е. больше 60 т гелия.

Для ядерной реакции синтеза исходные ядра должны обладать относительно большой кинетической энергией, поскольку они испытывают электростатическое отталкивание, так как одноименно положительно заряжены. Прежде всего, среди них следует отметить реакцию между двумя изотопами (дейтерий и протий) весьма распространенного на Земле водорода. Выделенная энергия (возникающая из-за того, что гелий-4 имеет очень сильные ядерные связи) переходит в кинетическую энергию, большую часть из которой, 14,1 МэВ, уносит с собой нейтрон как более лёгкая частица. Образовавшееся ядро прочно связано, поэтому реакция так сильно экзоэнергетична. Эта реакция характеризуется наименьшим кулоновским барьером и большим выходом, поэтому она представляет особый интерес для управляемого термоядерного синтеза. Согласно кинетической теории, кинетическую энергию движущихся

щихся микрочастиц вещества (атомов, молекул или ионов) можно представить в виде температуры, а, следовательно, нагревая вещество, можно достичь ядерной реакции синтеза.

Подобным образом протекают ядерные реакции естественного нуклеосинтеза в звёздах.

На данный момент известны 7 обычных изотопов водорода, а также один экзотический атом водород-4.1 (мюоний,  ${}^4\text{He}-\mu$ ).

$\text{D}+\text{D} \rightarrow {}^4\text{He}+\text{гамма-излучение}$ .

Дейтерий обладает лучшими свойствами замедления нейтронов.

«Реакции синтеза между ядрами лёгких элементов вплоть до железа проходят экзоэнергетически, с чем связывают возможность применения их в энергетике, в случае решения проблемы управления термоядерным синтезом.

Альфа-распад из основного состояния наблюдается только у достаточно тяжёлых ядер, например, у урана-238. Альфа-радиоактивные ядра – теллур и массового числа около 106-110, а при атомном номере больше 82 и массовом числе больше 200 практически все нуклиды альфа-радиоактивны, хотя альфа-распад у них может быть и недоминирующей модой распада. Среди природных изотопов альфа-радиоактивность наблюдается у нескольких нуклидов редкоземельных элементов (неодим-144, самарий-147, самарий-148, европий-151, гадолиний-152), а также у нескольких нуклидов тяжёлых металлов (гафний-174, вольфрам-180, осмий-186,

платина-190, висмут-209, торий-232, уран-235, уран-238) и у короткоживущих продуктов распада урана и тория. К более редким видам радиоактивного распада относятся испускание ядрами одного или двух протонов, а также испускание кластеров – лёгких ядер от углерода  ${}^{12}\text{C}$  до серы  ${}^{32}\text{S}$ . Во всех видах радиоактивности, кроме  $\gamma$ . За счёт высокой температуры происходит частичная диссоциация ядер кремния. Образовавшиеся в результате – частицы, протоны, нейтроны и – кванты начинают реагировать с оставшимися ядрами кремния. В результате множества реакций образуются более тяжёлые элементы, в том числе элементы около железа. Одной из таких реакций, например, является:



Прямая реакция типа «кремний+кремний» маловероятна из-за большого кулоновского барьера:



«Альфа-радиоактивность за редким исключением (например,  ${}^8\text{Be}$ ) не встречается среди лёгких и средних ядер. Подавляющее большинство альфа-радиоактивных изотопов (более 200) расположены в периодической системе в области тяжёлых ядер ( $Z>83$ ). Известно также около 20 альфа-радиоактивных изотопов среди редкоземельных элементов, кроме того, альфа-радиоактивность характерна для ядер, находящихся вблизи границы протонной стабильности. Это обусловлено тем, что альфа-распад связан с кулоновским отталкиванием, которое возрастает по мере увеличения размеров ядер быстрее (как  $Z^2$ ), чем ядерные силы притяжения, которые растут линейно с ростом массового числа  $A$ » (С.Г. Кадмиксий).

$Z$  и  $z$  – заряды (в единицах заряда электрона  $e$ ) конечного ядра и  $\alpha$  частицы соответственно. Например, для  ${}^{238}\text{U}$   $B_k \approx 30$  МэВ. (мегаэлектронвольт (МэВ) – 1 млн электронвольт, гигаэлектронвольт (ГэВ) – 1 млрд электронвольт, тераэлектронвольт (ТэВ) – 1 трлн электронвольт).

«Температура, эквивалентная 0,1 МэВ, приблизительно равна  $10^9$  К, однако есть два эффекта, которые снижают температуру, необходимую для термоядерной реакции. Во-первых, температура характеризует лишь среднюю кинетическую энергию, есть частицы как с меньшей энергией, так и с большей. На самом деле в термоядерной реакции участвует небольшое количество ядер, имеющих энергию намного больше средней (так называемый «хвост максвелловского распределения. Во-вторых, благодаря квантовым эффектам, ядра не обязательно должны иметь энергию, превышающую кулоновский барьер. Если их энергия немного меньше барьера, они могут с большой вероятностью туннелировать сквозь него» (Яворский Б.М., Детлаф А.А., Лебедев А.К., Климов А.Н., 1985, Бартоломей Г.Г., Байбаков В.Д., Алхутов М.С., Бать Г.А., 1982).

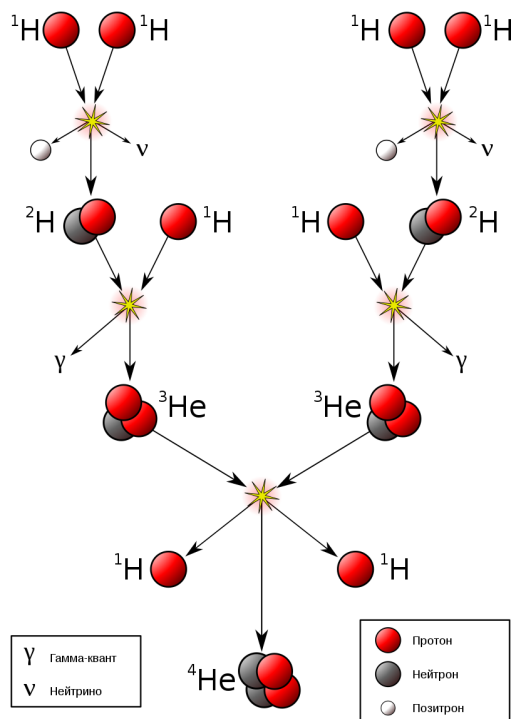
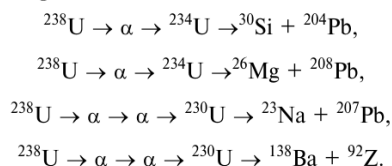


Рис. 1.

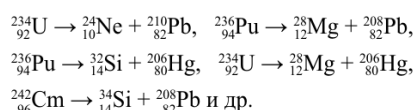
Реакция: протий (стабильный изотоп водорода) + дейтерий (стабильный изотоп водорода) → гелий-4, нейтрино, гамма-квант.



сделан вывод о том, что радиоактивные элементы в природных условиях могут распадаться по каналу глубокого асимметричного распада. Наиболее вероятным считается смешанный канал распада, при котором первый (или первые) акт происходит по  $\alpha$ -распаду, а последующие — по нейтронно-индуцированному и преимущественно кластерному. Например:



Отметим, что указанные виды радиоактивного распада происходят из ядер, находящихся в основном состоянии, т.е. энергетически в самом низком состоянии. Отметим наиболее интересные реакции радиоактивного распада, открытые за последние годы:



### Вывод:

Ведущим фактором рудогенеза, является энергетический фактор, который определяет механизм и условия формирования и генезис минерального сырья.

Для ядерной реакции синтеза исходные ядра должны обладать относительно большой кинетической энергией, поскольку они испытывают электростатическое отталкивание, так как одноименно положительно заряжены. Прежде всего, среди них следует отметить реакцию между двумя изотопами (дейтерий и протий) весьма распространенного на Земле водорода. Выделенная энергия (возникающая из-за того, что гелий-4 имеет очень сильные ядерные связи) переходит в кинетическую энергию, большую часть из которой, 14,1 МэВ, уносит с собой нейтрон как более легкая частица. Образовавшееся ядро прочно связано, поэтому реакция так сильно экзоэнергетична.

Гелий образуется в результате альфа-распада тяжелых элементов альфа-частицы, издаваемые при альфа-распаде, — это ядра гелия-4. Часть гелия, возникшего при альфа-распаде и просачивающегося сквозь породы земной коры, захватывается метаном, концентрация гелия в котором может достигать 7 % от объема и выше. Скорость вылета альфа-частицы составляет от 9400 км/с (изотоп неодима 144Nd) до 23700 км/с у изотопа полония 212mPo. Альфа-распад может рассматриваться как предельный случай кластерного распада.

«Отметим, что проводящие зоны в земной коре приурочены к интервалу геоизотерм 400-8000, породы при таких температурах имеют электрическое сопротивление сотни-тысячи Ом\*м (полупроводник — кремний пр. ав.).

Природа проводящих зон Камчатки сопротивлением десятки-единицы Ом\*м, связывается с наличием жидких флюидов и электропроводящих сульфидных образований» (Ю.Ф. Мороз).

Соединения кремния с водородом — неустойчивое соединение и его В.И. Вернадский (1934), в своем труде не рассматривает. Известны предельные кремневодороды — аналоги предельных углеводородов. Кремневодороды отличаются от углеводородов неустойчивостью силоксановых цепей.

Неустойчивая геохимическая система кремневодородов, является важнейшим звеном в формировании вещественного состава системы Земли и её минералогических ассоциаций. В данном процессе, несомненно, большую роль играет иерархия волн энергии исходящих от локальных, региональных и глобальных источников энергии, которые стационарно, закономерно располагаются в пространстве системы Земли.

Кремневодород как неустойчивое соединение, является связующим звеном в процессе синтеза устойчивого соединения — abiогенного углеводорода. XXI

### Литература

1. Вернадский В.И. Очерки геохимии. Государственное научно-техническое горно-геологическое издательство. Москва Ленинград Грозный Новосибирск 1934.
2. Недропользование XXI века. 2117, № 3, В.Н. Устьянцев. О геотектономагматическом факторе генерации минерального сырья. Волновой механизм структурно-вещественного преобразования системы Земли с. 116.
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. Никольский Б.П. Справочник химика 21 века, «Абиогенные соединения».
5. Устьянцев В.Н. Происхождение первичных углеводородов и нефти. GlobeEdit ISBN: 978-620-0-61141-3.
6. Устьянцев В.Н. О едином механизме структурообразования М., МГУ, сайт «Все о геологии», 2007.
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А., Лебедев А.К. Справочник по физике. — «ОНИКС», «Мир и Образование», 2006. — 1056 с. — 7000 экз. — ISBN 5-488-00330-4.
8. Климов А. Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. — Москва: Энергоатомиздат, 1985. — С. 352.

UDC 55

V.N. Ustyantsev, geologist, uvn\_50@mail.ru

## ENERGY OF ORE FORMATION. URANIUM, HELIUM, HYDROGEN AS INDICATORS OF THE PROCESS OF HYDROCARBON SYNTHESIS

**Abstract:** The article considers the processes under the influence of which mineralogical associations are formed.

**Keywords:** mantle, earth's crust, hydrogen helix, theorem proved by I. Prigozhyn.



**Бурдин Д.Б.**

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

# ОЦЕНКА ГЕОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ПРИЗМЕ ВЫДЕЛЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНЫХ (ИЗВЛЕКАЕМЫХ) ЗАПАСОВ

*В статье рассматриваются принципиальные подходы к оценке георесурсного потенциала месторождения через обоснование предельной рентабельности запасов. Дана характеристика применяемым подходам.*

*В целом определена проблематика оценки рентабельных/извлекаемых запасов месторождения как поиск баланса интересов инвестора и государства при существующей в РФ системе государственного регулирования.*

**Ключевые слова:** запасы, рентабельность, классификация запасов, государственная экспертиза, инвестиции, стоимостная оценка, георесурсный потенциал, извлечение из недр, рациональное использование недр, экспертиза.



Одна из ключевых задач регулирования горногеологической отрасли РФ определена 23 статьей Закона о недрах «Рациональное недропользование». При решении вопросов совершенствования механизмов регулирования отрасли, выделяется ее основной аспект – обеспечение достоверного учета запасов и ресурсов государством, а также объективная их оценка (в т. ч. геолого-экономическая и стоимостная) в целях обоснования и привлечения инвестиций. Точнее мы говорим об оценке полноты извлечения запасов из недр с позиции их экономической целесообразности (приемлемой рентабельности).

Существующие современные подходы, однако, не всегда обосновывают, формализуют и связывают вопросы государственного учета с вопросами повышения инвестиционной привлекательности объектов недропользования.

Бытующий и вырванный из контекста подход государственной системы управления минерально-сырьевым сектором СССР, действующий и по сей день, рассматривает, в целом, месторождение как скопление минерального вещества на поверхности или в недрах Земли [14], а не как объект производственно-экономической деятельности, формирующий товарно-денежные потоки и добавленную стоимость (капитализацию).

При этом, особенно в последние годы, стало активнее высказываться мнение (в том числе государственных регулирующих органов) по вопросу рассмотрения объектов недропользования, как объектов, экономически целесообразных к отработке лицом, управляющим участком недр или инвестором. Стали активно обсуждаться вопросы о необходимости ведения государственного учета в отношении «рентабельных» запасов (или «реально» извлекаемых), а также необходимости активной разработки нормативно-правового и методико-методологического обеспечения оценки запасов в данной парадигме на ниве ТПИ под эгидой создания новой Классификации запасов и ресурсов ТПИ.

Решение данной задачи тем более актуально на пространстве ЕАЭС, в связи с переходом отдельных стран-участниц на общемировые принципы оценки, а также необходимости гармонизации принципов и стандартов на пространстве ЕАЭС.

Считаем целесообразным, для решения данного вопроса и обоснования основных положений оценки «рентабельных» запасов в ТПИ, выполнить комплексную оценку истории вопроса и существующих подходов.

В начале рассмотрим сложившуюся мировую практику, которую не всегда (по нашему

мнению) уместно противопоставляют сложившейся отечественной практике в виду не противоречий при решении одинаковых задач, а различия самих задач.

Уже длительное время, в связи с развитием системы независимых экспертных сообществ в международной практике, а также разнообразных финансово-инвестиционных институтов поддержки в недропользовании принят и успешно себя показывает стоимостной подход оценки георесурсного потенциала. Иными словами, с позиции рынков и финансово-инвестиционных институтов (в том числе фондовых площадок) месторождение полезных ископаемых рассматривается не столько как оцененное локальное скопление минеральных ресурсов в недрах, сколько как ценность (стоимость) перспективного товарного продукта в недрах.

Объективно, данный подход с позиции независимого инвестора оправдан, т.к. инвестиционную привлекательность проекта определяет не потенциальное количество работ по нему, а величина отдачи на вложенный капитал, приведенная к определенному временному периоду. Иными словами – рентабельность, оцененная результирующими показателями приведенного/дисконтированного денежного потока.

Данный подход оценки георесурсного потенциала особенно обоснован с позиции приемлемости его для инвестирования в условиях открытости товарных рынков и наличия сформированной и открытой системы инвестиционной поддержки. К тому же, особо подчеркнем, что такой подход является весьма динамичным, максимально полно учитывающий приведенную стоимостную оценку месторождения к моменту оценки и позволяет выполнять оперативную «переоценку» этого потенциала через использование системы модифицирующих факторов.

При этом георесурсный потенциал, в целом, является предметом оценки достоверности и степени подготовленности к реализации добычного проекта с учетом применения приемлемых<sup>1</sup> (финансовых, организационно-экономических, технико-технических и технологических) механизмов, обеспечивающих достаточный уровень производства товарной продукции при ожидаемых экономических параметрах реализации – т.е. также – рентабельности<sup>2</sup>.

В такой оценке, для инвестора, гарантом достоверности выступает сам «оценщик», независимо от его формы (будь то результаты государственной экспертизы, или независимая компетентная оценка), а точнее – его компетенции,

1. С позиции участников, реализующих проект.

2. Вопрос «достаточности» уровня рентабельности является отдельной темой для дискуссии

подтверждаемые профессиональным союзом, в котором он состоит, что, по сути, является страховкой деятельности «оценщика».

При этом, регламентирующими документами выполнение такой оценки четко определяется, что Компетентным Лицом считается профессионал в горнопромышленной отрасли, являющийся членом Национальной профессиональной экспертной организации или другой Признанной профессиональной организации, в которой предусмотрены дисциплинарные правила, включающие права приостановить или прекратить членство [15].

Также международной парадигмой оценки георесурсного потенциала определяется только формат представления отчетности и требования к лицам, осуществляющим ее подготовку. При этом выбор способа, которым Компетентное лицо оценивает ресурсы и запасы ТПИ остается привилегией самого Компетентного лица. В этой связи основные требования относятся к структуре и характеру отчета, но не к оценкам как таковым, что повышает роль и ответственность Компетентного лица при проведении оценки, формируя постоянную мотивацию повышения компетентности оценок и уровня профессиональной подготовки.

В противовес международной парадигме и архитектуре оценки георесурсного потенциала, дискуссии, набирающие оборот в РФ по данному вопросу, в основном связаны с разработкой новой классификации запасов (НКЗ), а не принципиальной перестройке оценочной системы в соответствии с требованиями инвестиционных механизмов.

Однако, необходимо отметить, что понимание о необходимости внедрения стоимостного подхода, выраженного в форме оценки рентабельности запасов (а точнее объективных объемов его рентабельного извлечения) является доминирующей.

Эволюционно это обоснованно и необходимо.

Однако, во избежание прямого копирования системы в угоду созданию «новой» теории оценки рентабельности запасов и ресурсов, давайте рассмотрим существующую в РФ систему подсчета и оценки балансовой принадлежности запасов.

Первое, что мы должны рассмотреть – действующее определение Балансовых запасов и принципы их оценки (подсчета) в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами.

Балансовые запасы это:

- запасы, использование которых экономически целесообразно и которые удовлетворяют условиям, устанавливаемым для подсчета запасов в недрах [3].

- группа Запасов полезных ископаемых, использование которых экономически целесообразно при существующей либо осваиваемой

промышленностью прогрессивной технике и технологии добычи и переработки сырья с соблюдением требований законодательных актов по рациональному использованию недр и охране окружающей среды. В группу Б.з.п.и. включаются запасы категорий А, В, С1 и С2<sup>3</sup>, удовлетворяющие требованиям кондиций по качеству, кол-ву, технологическим свойствам минерального сырья и горно-техническим условиям эксплуатации месторождения с учётом степени изученности месторождения и его географо-экономических условий [14].

Таким образом, мы видим, что определение Балансовых запасов совпадает с определениями запасов, отработка которых имеет положительную рентабельность. Следовательно БЗ есть запасы рентабельные.

Теперь давайте рассмотрим дальнейшее движение балансовых запасов по «шкале рентабельности».

На всей протяженности жизненного цикла проекта освоения месторождения ПИ, запасы претерпевают свое динамическое изменения от одной стадии проектирования к другой.

Это динамическое изменение выражается простым математическим выражением:

$$БЗ - П = ПЗ \quad (1)$$

$$ПЗ + В = ЭЗ \quad (2)$$

где:

БЗ – балансовые запасы;

ПЗ – промышленные запасы;

ЭЗ – эксплуатационные запасы;

П – потери полезного ископаемого;

В – разубоживание (как объем примешиваемых пород).

В соответствии с «Методическими рекомендациями по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых» [6], к постановке на государственный баланс принимаются подсчитанные запасы, обеспечивающие положительный экономический эффект от их полного освоения ( $NPV > 0$ ,  $PI > 1$ ), т.е. рентабельные.

При этом, согласно теории и практики оценки экономической эффективности проектов, уровень рентабельности их отработки будет, по своей сути, отражать показатель – «индекс рентабельности инвестиций» (показатель рентабельности, индекс доходности, англ. Profitability Index, PI).

Современные методические документы, регламентирующие правила подсчета запасов и постановки их на государственный баланс не определяют диапазон «приемлемой рентабельности» для подсчета запасов или ее диапазон. Однако, вполне очевидно, что параметры кондиций, обеспечивающие  $NPV$  отличный «0» в



сколь угодно малых значениях ( $NPV \rightarrow 0$ ,  $PI \rightarrow 1$ ), также будет обеспечивать требования по принадлежности запасов к «балансовым», как и те параметры, которые обеспечивают максимально возможное NPV и PI.

Переходя к следующей стадии проектирования, процесс оптимизации проекта освоения месторождения и балансовых запасов продолжается. В результате такой «оптимизации» и «детализации» происходят значительные корректировки (в основном в части определения организационно-экономического механизма финансирования работ<sup>4</sup>, т.к. прочее может трактоваться органами, согласовывающими проект, как отступление от параметров ТЭО кондиций).

В результате разработки технического проекта (ТП) определяется объем эксплуатационных запасов (ЭЗ) – назовем их «условно реально извлекаемых»<sup>5</sup> запасов ПИ. При этом, рентабельность эксплуатационных запасов (учитывающих в своей структуре неизбежные и технико-экономически обоснованные потери и разубоживание) может существенно отличаться от рентабельности подсчитанных на стадии ТЭО кондиций балансовых запасов.

Такое изменение справедливо и на стадии уточнения эксплуатационных запасов при подготовке планов развития горных работ (ПРГР).

В результате реализации такой схемы на протяжении жизненного цикла проекта освоения месторождения, в подавляющем большинстве случаев выполняются следующие условия по изменению удельной рентабельности (P) и балансовых запасов (БЗ):

$$P_{\text{ТЭО}} < P_{\text{проект}} < P_{\text{ПРГР}} \quad (3)$$

$$БЗ_{\text{ТЭО}} > БЗ_{\text{проект}} > БЗ_{\text{звл.ПРГР}} \quad (4)$$

где:

$P_{\text{ТЭО}}$  – рентабельность запасов по ТЭО кондиций;

$P_{\text{проект}}$  – рентабельность запасов по техническому проекту;

$P_{\text{ПРГР}}$  – рентабельность запасов.

В итоге выполнив не сложные математические преобразования и собрав статистику отработки запасов месторождения, учтенного государственным балансом с высокой степенью вероятности, мы можем получить следующее выражение:

$$\sum_{i=1}^T P_{\text{ПРГР}} \gg P_{\text{ТЭО}} \quad (5)$$

Частично причины данного эффекта характеризуются вероятностной природой оценки запасов и невозможности их учета со 100% достоверностью, однако в качестве основной причины, всё-таки можно выделить – оптимизационные процессы при инжиниринге.

В результате нашего анализа можно вполне очевидно прийти к выводу, что балансовые запасы, прошедшие государственную экспертизу и учтенные балансом, априори являются рентабельными (не будем пока касаться достоверности этих оценок, это предмет другой дискуссии). Основной вопрос, который остается не разрешенным – его уровень, принимаемый не только государством, как сублимированный элемент формализации государственного интереса, но и инвестора – ключевого независимого участника проекта, от которого зависит старт и, возможно, процесс его реализации.

Очевидно, что, управляя уровнем рентабельности проекта, мы управляем уровнем извлечения запасов из недр, а следовательно, и оценкой балансовой принадлежности тех или иных их объемов.

Современные дискуссии по вопросу постановки на государственный баланс рентабельных/извлекаемых запасов также не дает однозначного решения вопроса – какой уровень рентабельности считать «граничным» при подсчете запасов? Обеспечивающих интересы и государства и недропользователя или инвестора?

Вполне логично, что для государства был бы приемлем результат, при котором обеспечивается максимизация вовлекаемых (или оцениваемых) запасов в освоение, когда в то же самое время, инвестора беспокоит максимизация прибыли и отдачи на вложенный капитал с минимизацией срока окупаемости, а это, в большинстве случаев, объективно приводит к необходимости первичной отработки наиболее богатых участков оцениваемой площади, т.е. – выборочной отработке.

В данной системе задача государства представляется более сложной, т.к. кроме увеличения обеспеченности минеральным сырьем, не менее значимой ставится задача – устойчивое функционирование экономики, увеличение бюджетного дохода, напрямую коррелирующе-

3. Определение давалось во время действия Классификаций запасов ТПИ 1960 и 1981 гг. При одинаковости буквенных обозначений с действующей Классификацией запасов ТПИ, методические подходы к их определению различны, что не дает возможности сравнивать их напрямую без учета модифицирующих факторов.

4. В проекте он представлен потоком денежных средств от финансовой деятельности. Его включение в модель CF не предусматривается ни на стадии ТЭО кондиций, ни на стадии разработки технического проекта (ТП).

5. Условно, т.к. при стадии разработки и выполнения планов развития горных работ, реально извлекаемые запасы также могут претерпевать существенные корректировки (в основном в сторону их уменьшения).

го с доходностью в т.ч. горнодобывающих предприятий. В СССР, по объективным причинам, задача выглядела несколько проще, т.к. в качестве целевой функции декларировалась оптимизация (чит. снижение) приведенных затрат при одновременной максимизации коэффициента извлечения запасов из недр [16].

Целевая же функция определения георесурсного потенциала в современных отечественных условиях должна выглядеть таким образом: поиск баланса интересов при максимизации доходов от эксплуатации месторождения и максимизации георесурсного потенциала, вовлекаемого в освоение. Такая формулировка целевой функции обусловлено тем фактом, что оптимальная (приемлемая) рентабельность БЗ, учтенных государственным балансом не равна оптимальной (приемлемой) рентабельности инвестора (-ов).

Подведем итоги проведенного анализа:

1. Современная парадигма оценки запасов ТПИ в системе государственного регулирования предполагает постановку на государственный баланс «Балансовых запасов», являющих собой часть георесурсного потенциала месторождения, рентабельного к отработке. Т.е. Балансовые запасы – рентабельные запасы;

2. На протяжении жизненного цикла проекта освоения месторождения, в подавляющем большинстве случаев, происходит динамичное изменение запасов (в т.ч. Балансовых запасов) при одновременном изменении (в сторону увеличения) удельной рентабельности их отработки;

3. Выбор классификации запасов не влияет на уровень достоверности запасов и на их инвестиционную привлекательность;

4. Приемлемые уровни рентабельности для государства, пользователя недр и инвестора не равнозначны. Их уровни определяются системой как краткосрочных, так и долгосрочных интересов. При этом, если государство, ради поддержания и обеспечения стратегической и экономической безопасности в долгосрочной перспективе может пойти на снижение рентабельности (доходности), то инвесторы с большей степенью вероятности откажутся от финансирования низкорентабельного проекта в сторону более рентабельного.

5. В настоящее время отсутствует механизм обоснования и обеспечения условий, гармонизирующих интересы государства и инвестора в части принятия объективного уровня рентабельности, обеспечивающего устойчивое развитие горнодобывающего предприятия при приемлемом уровне извлечения балансовых запасов из недр.

6. Таким образом, существующий подход оценки балансовых запасов можно охарактери-

зовать как оценка запасов, использование которых условно экономически целесообразно.

В качестве предложений по совершенствованию системы оценки рентабельных/извлекаемых запасов необходимо отметить в первую очередь – разработку принципов и механизмов определения уровня рентабельности оцениваемого георесурсного потенциала, позволяющего вовлечь в освоение максимальное число запасов.

Данные принципы должны быть приняты и согласованы в т.ч. финансовыми регуляторами, Центральным банком, учитывать и гармонично вписываться в положения Федерального закона «Об аудиторской деятельности», Федеральным законом «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений», Законом РФ «О недрах», налоговым законодательством, стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года. Вместе с тем, должен быть разработан ряд механизмов, позволяющих стимулировать инвестиционный климат, а также сократить сроки от момента получения лицензии на право пользования недрами до получения первой единицы товарной продукции горного производства.

Второй вариант создания архитектуры оценки запасов и ресурсов должен принимать дуалистический подход в их оценке. При таком подходе государство должно оценивать георесурсный потенциал месторождения с позиции его перспективного включения в производственно-материальный баланс, максимально избегая экономических оценок. Оценка должна быть сдвинута в сторону определения геологических факторов, описывающих зону распределения ресурсов.

Выделяя из такого ореола распределения часть ресурсов и описание ее горно-геологическими, технико-технологическими и организационно-экономическими параметрами при подготовке проекта является прерогативой пользователя недр (и/или инвестора). Таким образом, имея «на руках» геологическую модель, государство (как собственник недр) и пользователь недр (и/или государство) могут совместно определить уровень ресурсов переводимых в «извлекаемые запасы», с тем условием, что пользователь недр (и/или инвестор), совместно с независимым профессиональным сообществом, привлекаемым собственником недр – государством в качестве эксперта, совместно обосновывают и «договариваются» о предельных значениях рентабельности извлекаемых запасов, а также параметрах и объемах выполнения работ.

В таком случае существенно возрастает роль ЦКР, как основного регулятора взаимоотношений «пользователь недр-эксперт-государство». XXI



## Литература

1. Федеральный закон «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» от 25.02.1999 N 39-ФЗ
2. Федеральный закон «Об аудиторской деятельности» от 30.12.2008 N 307-ФЗ
3. Письмо Госналогслужбы РФ от 29.08.1994 N НП-6-02/318 «О Рекомендациях о порядке проведения документальных проверок юридических лиц по соблюдению налогового законодательства, правильности исчисления, полноты и своевременности внесения в бюджет платы за пользование недрами».
4. Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 N 2395-1
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2018 г. № 2914-р об утверждении «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года».
6. Методическими рекомендациями по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.
7. А.М. Кочергин, Д.Б. Бурдин. Определение нормативов потерь на основании технико-экономических показателей – неправомерная практика актуализации балансовых запасов. Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 5 май 2009. стр.15.
8. Д.Б. Бурдин, Ш.Г. Гиравов. Предпосылки и варианты реформы системы государственного регулирования недропользования Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 6 декабрь 2013. стр.12.
9. Д.Б. Бурдин. Концептуальные подходы к классификации запасов и ресурсов ТПИ. Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 3-4 сентябрь 2021. стр.4.
10. Д.Б. Бурдин. Кодекс НАЭН в системе оценки инвестиционной привлекательности объектов недропользования (Российская система компетенций при оценке российской ресурсной базы). Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 1-2 июнь 2021. стр.52.
11. Штоф А.А. Горное право. Сравнительное изложение горных законов, действующих в России и в главнейших горнопромышленных государствах Западной Европы. СПб., 1896.
12. А.А. Ашихмин, Д.Б. Бурдин. Организационно-экономический и технологический аспекты повышения инвестиционной привлекательности проектов освоения маломасштабных золоторудных месторождений. Межотраслевой научно-технический журнал «Недропользование XXI век». № 5 май 2012. стр.8.
13. Ашихмин, А. А. Формирование и управление реализацией региональных программ развития золотодобывающей промышленности: сравнительная оценка приоритетности освоения золоторудных месторождений с учетом фактора риска /А.А. Ашихмин, О. В. Гладышев, В. В. Погонин // Драгоценные металлы. Драгоценные камни. 2002. № 10 (106). С. 93–95.
14. Горная энциклопедия/ Гл.ред. Е.А.Козловский; Ред.кол.: М.И.Агошков, Н.К.Байбаков, А.С.Болдырев и др.-М.: Сов.энциклопедия. 1984 – 1991.
15. Шаблон CRIRSCO.
16. Никаноров В.И., Панфилов Е.И., Агошков М.И., Михаил Иванович Технико-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр / Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР М.И. Агошкова. - Москва: Недра, 1974. - 312 с.

UDC 553.048

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

## ASSESSMENT OF THE GEO-RESOURCE POTENTIAL OF THE DEPOSIT IN THE PRISM OF ALLOCATION OF PROFITABLE (RECOVERABLE) RESERVES

**Abstract:** The article discusses the principal approaches to the assessment of the geo-resource potential of the deposit through the justification of the marginal profitability of reserves. The characteristic of the applied approaches is given.

In general, the problems of assessing the profitable/recoverable reserves of the field are defined as a search for a balance of interests of the investor and the state under the existing system of state regulation in the Russian Federation.

**Keywords:** reserves, profitability, classification of reserves, state expertise, investments, valuation, geo-resource potential, extraction from the subsoil, rational use of the subsoil, expertise.

**Богаткина Ю.Г.**

к.т.н., в.н.с. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН)  
ubgt@mail.ru

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ

*Современная оценка технико-экономической эффективности нефтегазового проекта предполагает построение определённой экономико-математической модели расчёта, а также анализ критериев проекта, основанных на множестве прогнозных экономических показателей по разрабатываемым пластам и месторождению в целом. Разработанная с этой целью интеллектуальная экономическая система послужила основой для теоретических и прикладных исследований в области недропользования и современных информационных технологий.*

*Актуальным является то, что применение в системе информационных баз знаний и баз данных для экономической оценки освоения месторождений нефти и газа позволяют хранить информацию по месторождениям в систематизированном виде и воспроизводить историю экономических показателей разработки месторождения в динамике с целью выбора наиболее эффективных вариантов разработки различных месторождений.*

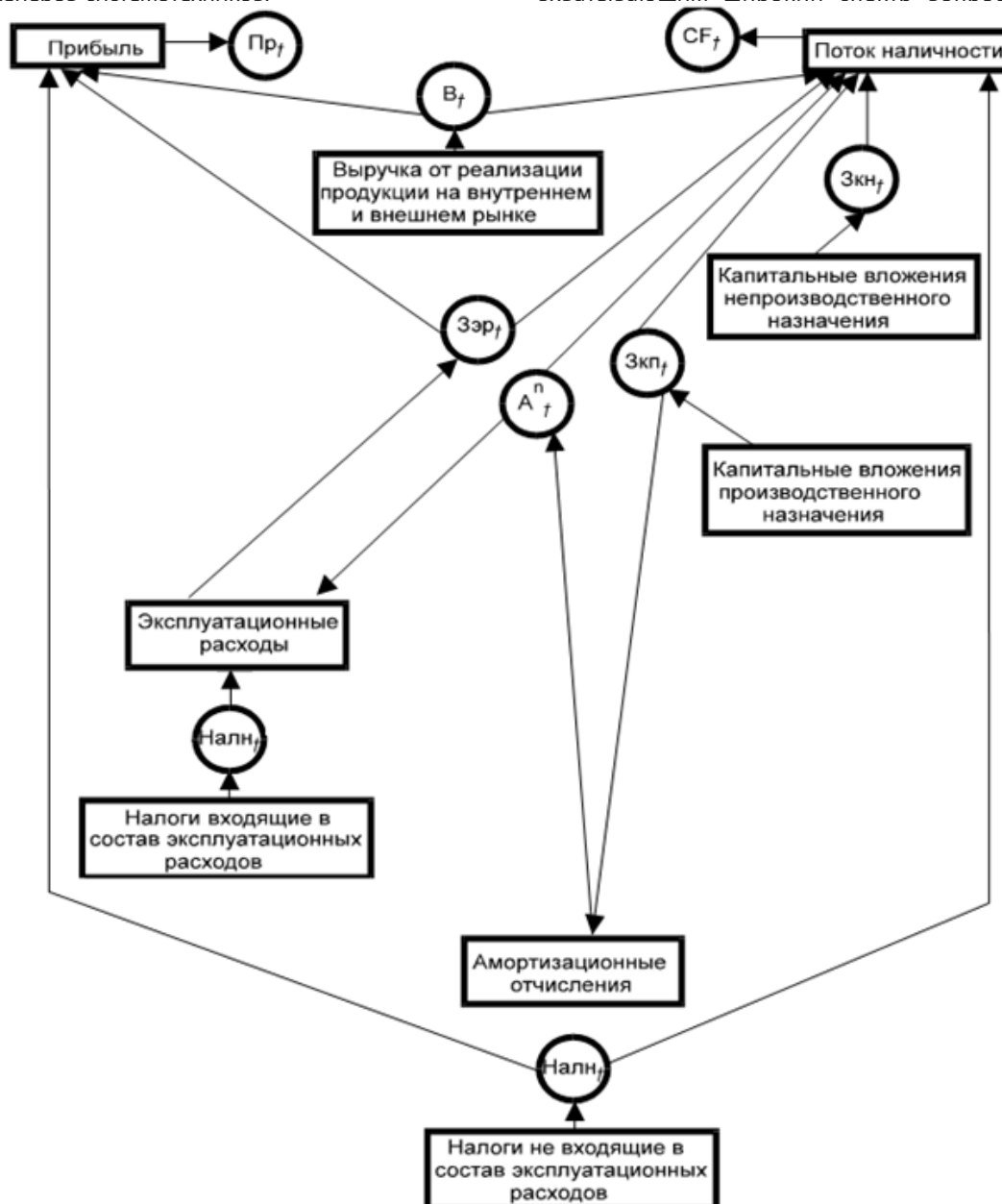
**Ключевые слова:** экономическая оценка проектов разработки, информационные технологии, базы знаний, базы данных, интеллектуальная система, оптимальные решения, удельные нормативы затрат, экономическая эффективность.



Для решения актуальной проблемы по рациональному освоению ресурсов и запасов нефтяных и нефтегазовых месторождений рассмотрим методические вопросы создания и применения **логической системы «ГРАФ»** для технико-экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов в многостадийном проектировании с целью выбора оптимальных решений по разработке месторождений нефти и газа [1,2,4,5,13]. Интеллектуально-логическая система (ИЛС) «ГРАФ» предназначена для специалистов, как в прикладной проблемной области (геологов-промысловиков, руководителей НГДУ, инженеров-нефтяников и нефтяников-экономистов), так и для инженеров-системотехников.

Разработанная методика комплексной экономической оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений послужила основой для теоретических и прикладных исследований в этой области. При этом предполагается построение определённой экономико-математической модели расчёта, а также анализ критериев проекта, основанных на множестве прогнозных технологических показателей по разрабатываемым пластам и месторождению в целом[3,8,9,12,13].

Необходимо отметить, что применяемые информационные технологии являются самостоятельным научно-практическим направлением, охватывающим широкий спектр вопросов от



**Рис. 1.**  
*Укрупненная модель семантической базы знаний по расчету основных экономических показателей.*

подготовки данных до анализа и интерпретации результатов в области нефтегазовой разработки и экономики. Эти технологии основаны на применении прикладных баз знаний связанных с технологическими и экономическими базами данных [1,2,4,5,13].

Сложность такого моделирования заключается в начальном сборе информации и постоянном её обновлении, так как каждое месторождение индивидуально и имеет свои геолого-технологические особенности разработки, различные варианты и нормативы капитальных и эксплуатационных затрат, а также налоговые модели.

Структура вычислений является иерархической и может меняться в зависимости от степени изученности и разведанности месторождений, а также от возможного изменения объёмов и содержания исходной геолого-технологической и экономической информации. Результатом экономической оценки является выявление наиболее рационального варианта разработки месторождения, отвечающего критерию достижения максимального экономического эффекта от возможно полного извлечения из пластов запасов нефти при соблюдении требований экологии, охраны недр и окружающей среды [13].

Ядром процесса является использование сетевой (графовой) формы представления расчётных моделей. Структура сетей состоит из множества взаимосвязанных компонентов, укрупненно показанных на **рисунке 1** в виде

отдельных блоков. Каждый блок соответствует определённому классу, включающему множества семантических подсетей, которые содержат возможные варианты расчета технико-экономических показателей. Выбор необходимого алгоритма (семантической модели) из рассматриваемого класса осуществляется путем формального сопряжения входных и выходных вершин на основе имеющихся исходных данных [1,2].

Отдельно надо отметить, что в состав БЗ входят различные налоговые модели, которые представлены в **таблице 1** [12,13].

В состав ИЛС входит система управления базами данных (СУБД), которая включает в себя нормативные экономические и прогнозные технологические показатели разработки (**Рис.2**). К ним относятся:

1. БД нормативных показателей по разработке месторождений
2. БД прогнозных технологических показателей по разработке месторождений
3. БД поправочных коэффициентов к нормативам для различных систем разработки месторождений с учетом различных сеток скважин

При формировании БД предусматривается принадлежность месторождений к двум основным группам. Во-первых, месторождения с растущей динамикой добычи нефти, и, во-вторых, со снижающейся добычей с учетом одновременного ввода их в промышленную разработку [3].

**Таблица 1.**  
Налоговые модели стран недропользователей

Страна	Ставка	Пояснение
Роялти		
Россия	-	Не уплачивается
США	12 до 20%	Уплачивается в виде % от стоимости нефти.
Канада	1-30%	Взимается с выручки (т. е. стоимости добычи) и рассчитывается по каждой скважине.
Норвегия	8-16%	Уплачивается в зависимости от объема добычи -
Казахстан		Не уплачивается
Налог на добычу нефти		
Россия	Рассчитывается по формуле	Исчисляется пропорционально мировой цене на нефть и курсу рубля к американскому доллару
США		Не уплачивается
Канада		Не уплачивается
Норвегия		Не уплачивается
Казахстан	5% - 18%	Налог является аналогом роялти, основанным на объеме добычи, и применяется к сырой нефти, газовому конденсату и природному газу.
Налог на прибыль		
Россия	20%	Налог исчисляется на ежегодной основе и берется от величины чистой прибыли
США	34%	
Канада	40,8-45,8%	
Норвегия	28%	
Казахстан	20%	
Налог на дополнительный доход		
США	12%	Уплачивается с дохода при наличии положительной разницы между выручкой от реализации продукции и утвержденными затратами, и вычетами
Россия	50%	



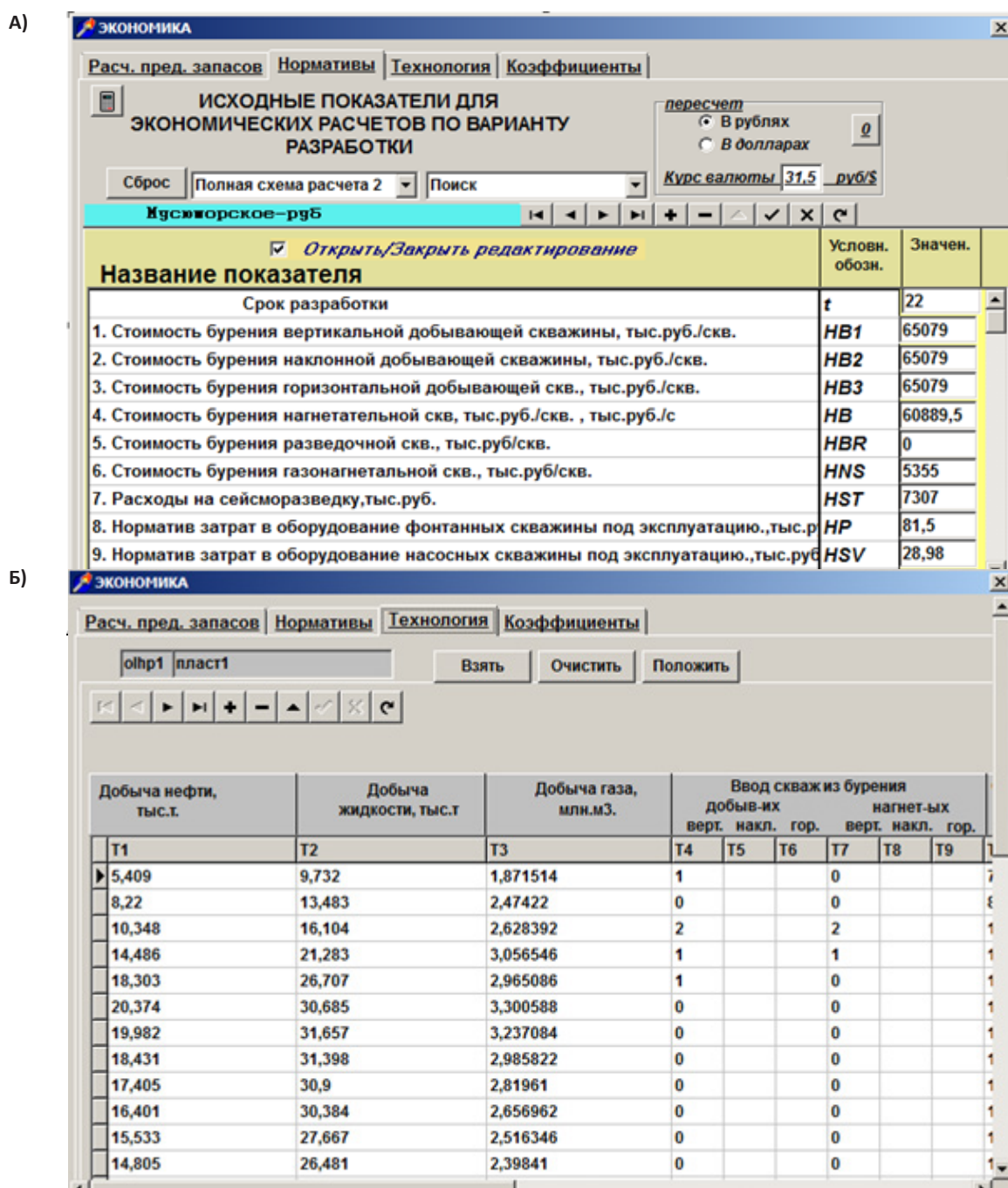


Рис. 2.  
Внешний вид СУБД (а – нормативные показатели, б – технологические показатели).

В БД прогнозных технологических показателей включаются варианты разработки месторождений, отличающиеся:

- плотностью сетки скважин,
- порядком и темпами разбуривания,
- методами воздействия на залежь,
- уровнями добываемой нефти и жидкости,
- вводом из бурения добывающих и нагнетательных скважин,
- объемом закачиваемой воды, реагентов,
- способами эксплуатации и др.

Удельные нормативы предусмотрены для расчета капитальных вложений промышленно-производственного назначения по трем основным направлениям затрат: бурение скважин, нефтепромысловое обустройство и оборудование, не входящее в сметы строок [3,6,7,10,11] (Рис. 3).

За основу разработки и организации модели информационной базы данных, содержащей эксплуатационные расходы на добычу нефти для распределения по месторождениям, принята структура затрат по нефтегазодобывающим

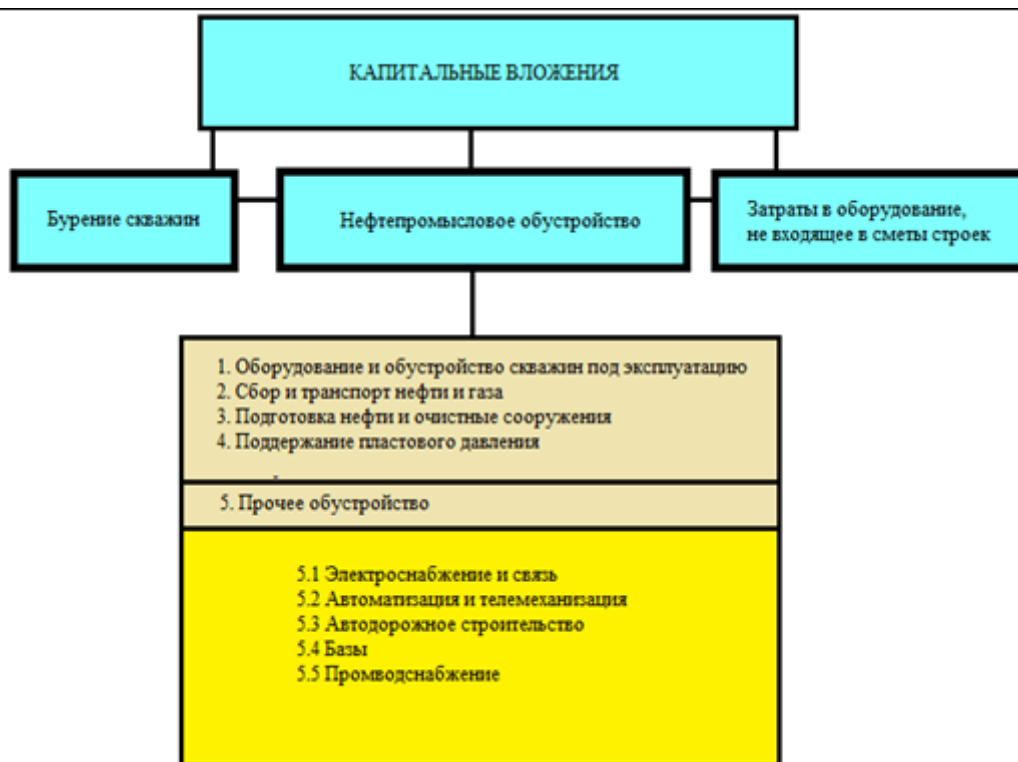


Рис. 3.  
Структура БД по капитальным вложениям.

Таблица. 2.  
Коэффициенты изменения нормативов удельных капитальных вложений в обустройство в зависимости от систем разработки.

Направление обустройства	Система разработки		
	Трехрядная девятиточечная (соотношение скважин 3:1)	Семи точечная (соотношение скважин 2:1)	Однорядная пятиточечная (соотношение скважин 1:1)
1.Сбор, подготовка и транспорт нефти и газа	1	1,04	1,27
2. Поддержание пластового давления	1	0,91	0,64
3. Электроснабжение	1	1,06	1,46
4. Базы	1	1,06	1,33
5. Автодороги	1	1,06	1,46
6. Прочие	1	1,07	1,41

Таблица. 3.  
Коэффициенты изменения нормативов удельных капитальных вложений в обустройство в зависимости от плотности сетки скважин.

Направление обустройства	Плотность сетки, га/скв					
	9	16	25	36	49	64
1.Сбор, подготовка и транспорт нефти и газа	0,83	0,85	1	1,23	1,37	1,78
2. Поддержание пластового давления	0,63	0,83	1	1,18	1,30	1,83
3. Электроснабжение	0,59	0,74	1	1,42	1,83	2,26
4. Базы	0,36	0,64	1	1,32	1,96	2,5
5. Автодороги	0,39	0,65	1	1,39	1,79	2,22
6. Прочие	0,57	0,74	1	1,31	1,58	1,94



предприятиям с расшифровкой однородных экономических элементов, позволяющих учесть результаты их хозяйственной деятельности [13].

Изменения нормативов удельных капитальных затрат в зависимости от систем разработки и плотности сетки скважин представлены в **таблицах 2,3** [10].

Система обладает интерактивным пользовательским интерфейсом, с помощью которого в гра-

фическом виде создаются расчетные модели [4]. Исходная информация собирается с помощью опросных электронных шаблонов, заполняемых числовыми данными, выраженными в скалярном или векторном представлении, и заносимых в базу данных исходных технико-экономических показателей. Эти шаблоны связаны между собой по специальной ссылке, а именно по названию разрабатываемого месторождения на

Таблица. 4.

Пояснения к рисунку 5.

zkt	Полные капитальные вложения производственного назначения
znt	Капитальные вложения непроизводственного назначения
Zt	Полные эксплуатационные расходы
ant	Полные амортизационные отчисления
NALVt	Налоги в цене
Prt	Прибыль до налогообложения
Nprt	Налог на прибыль
Prc_t	Чистая прибыль
CF_t	Поток наличности
NPVt	Чистый дисконтированный доход
Kt	Дисконтирующая функция
IRR_	Внутренняя норма рентабельности

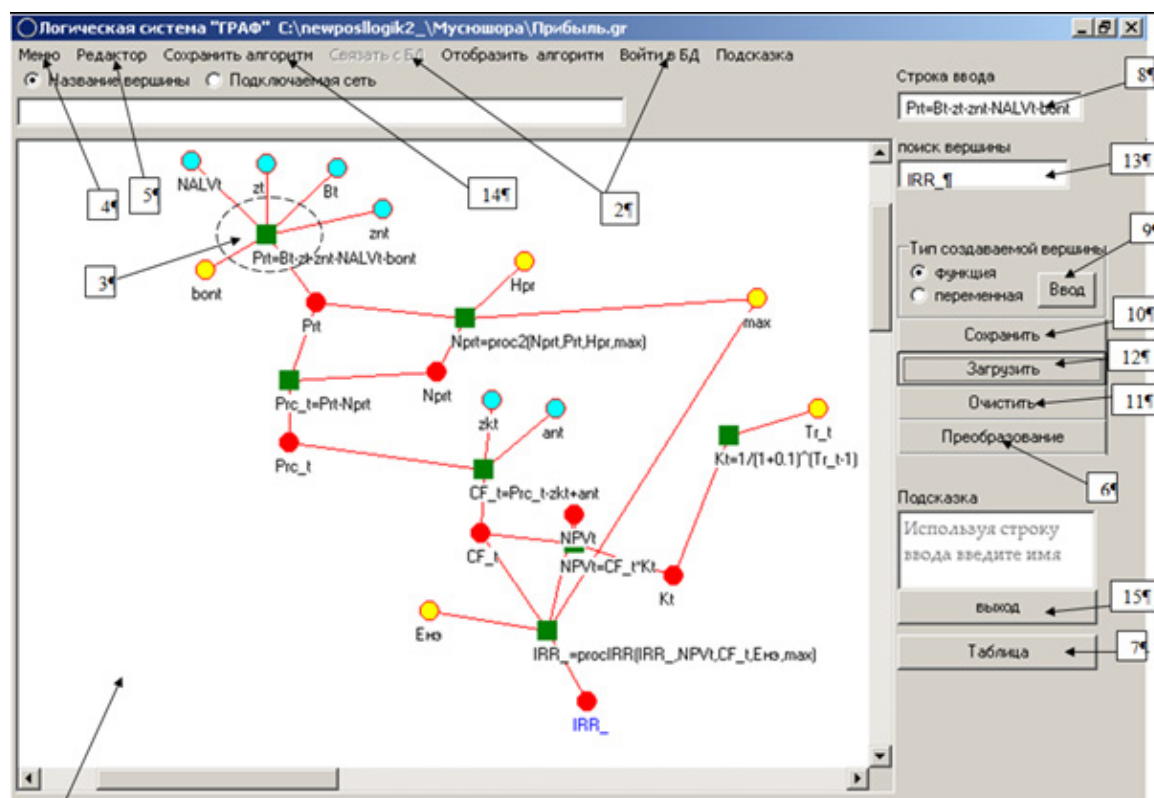


Рис. 5.

Семантическая модель расчета экономических показателей (когнитивная карта) в базе знаний.

основании банка технологических показателей, генерируемого с помощью САПР по разработке месторождений.

Основные составляющие диалогового интерфейса (**Рис.5**)

1. Рабочее поле
2. Обращение к базам данных
3. Элементарная структурная связь
4. Обращение к библиотеке программных процедур
5. Обращение к графическому редактору
6. Обращение к планировщику вычислений
7. Переход к расчетному модулю
8. Строка для ввода формулы или программной процедуры
9. Формирование элементарной связи
10. Сохранение когнитивной карты (семантической подсети)
11. Очистка рабочего поля
12. Загрузка когнитивной карты (семантической подсети)
13. Вершина для начала поиска решений на семантической сети
14. Сохранение сформированного алгоритма
15. Выход из системы

Пользователя такой системы можно именовать инженером по знаниям, знающим проблемную область и обладающим навыком введения прикладных знаний и данных в компьютер.

ИЛС «Граф» работает в двух режимах: приобретение знаний и решение расчётных задач. В режиме приобретения знания общение с ИЛС осуществляет эксперт-экономист и эксперт-технолог через посредничество инженера по знаниям. Эксперты описывают проблемную область, под которой понимается методика расчета основных технико-экономических показателей по вариантам разработки месторождений.

Эксперт-прикладник предоставляет необходимую информацию в виде совокупности данных (анкет-шаблонов) и аналитических формул. Отметим, что если требуется подключить нелинейный алгоритм, то ИЛС «Граф» обращается к

специализированной библиотеке математических модулей. Эксперт, используя подсистему приобретения знаний с помощью интеллектуального интерфейса, наполняет систему знаниями, которые позволяют ИЛС «Граф» в режиме интерпретации сети самостоятельно (без эксперта) решать задачи синтеза расчетного экономического алгоритма предметной области.

Актуальным является то, что ИЛС может формировать расчетную EXCEL таблицу, включающую в себя данные, взятые из базы данных и алгоритмы, взятые из базы знаний. EXCEL файл, сгенерированный интеллектуальной системой, работает как самостоятельный программный модуль, в котором проводятся расчёты с прямым пересчетом экономики проекта. Как было отмечено выше, в прикладную БЗ включены альтернативные налоговые модели стран недропользователей, что позволило проводить экономическую оценку не только для освоения российских месторождений, но и для месторождений, находящихся за рубежом.

В заключение отметим, что система проста в использовании и формирует алгоритмы в формате «скаляр», «вектор», что полностью отвечает требованиям решаемых прикладных задач. Системой предусматривается обработка прикладных баз знаний и баз данных на основе применения алгоритмов сочетания пар и алгоритма поиска в глубину. При этом время обработки баз знаний зависит от числа семантических подсетей, входящих в базы знаний. Исходя из изучения рынка по применению таких проблемно-ориентированных программ, можно сделать вывод о том, что двудольные семантические сети для хранения расчетных алгоритмов применяются только в данной разработке. Эффект от их применения достаточно высок, поскольку процесс создания программного кода полностью автоматизирован и составляет не более трёх минут, в отличие от подхода ручного формирования программного кода, который может занимать несколько дней. **XXI**

---

*Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2013-2023 годы. Раздел 9 Науки о Земле; направления фундаментальных исследований: 131. Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья и 132 Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья, в рамках государственного задания по теме: «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)» № AAAA-A19-119013190038-2.*



## Литература

1. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект - основа новой информационной технологии. / М: Наука, 1988, 280с.
2. Вагин В.Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений. / М.: Наука, 1988, 384с 88Емиличев В.А., Мельников О.И. Лекции по теории графов. / М.: Наука, 1990, 382с 114Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. /-М:Мир, 1991, 568с.
3. Желтов Ю.П., Золотухин А.Б., Пономарева И.А. Методы прогнозирования развития нефтегазового комплекса. / М.: Наука, 1991, 230с.
4. Поспелов Д.А. Прикладные системы искусственного интеллекта. /Сб.ст., N3, Кишинев, 1993, 300с.
5. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000, 200с
6. Российская Федерация. Законы. Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений [Электронный ресурс]: федер. закон [№ 39-ФЗ от 25.02.1999 (ред. от 03.07.2016)]. URL: <http://www.consultant.ru/>. Загл. с экрана (дата обращения: 29.01.2017).
7. Официальный сайт нефтяной компании «Роснефть» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosneft.ru/>. Загл. с экрана (дата обращения: 25.02.2017).
8. Родионова Л.Н., Карамутдинова Д. М. Особенности оценки инвестиционных проектов в нефтяной отрасли// Экономика и управление народным хозяйством, 9(130), 2015, с.50-54
9. Абакумов Г.В. Оценка экономической эффективности проектов нефтегазодобычи в условиях Западной Сибири // Neftegaz.ru – 2009. - №8.
10. Исаченко В.М. Оценка проектной капиталоемкости разработки нефтяных месторождений//Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук, Тюмень, 2004г, 26стр.
11. Расчет капитальных затрат (вложений) в разработку месторождения [Электронный ресурс] <https://kazedu.com/referat/197598/1> Загл. с экрана (дата обращения: 29.11.2021)
12. Пономарева, И.А, Богаткина Ю.Г. Совершенствование нормативно-налоговой системы для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений// ВНИИОЭНГ, Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом, №1, 2014, с. 6-9
13. Богаткина Ю.Г. Оценка эффективности инвестиционных проектов в нефтегазовой отрасли с использованием механизмов автоматизированного моделирования/ М.: Макс-Пресс, 2020, 248с.

UDC 004:330.322:622.276

**Yu.G. Bogatkina**, candidate of technical sciences, Moscow, Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, [ubgt@mail.ru](mailto:ubgt@mail.ru)

## PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND APPLICATION OF AN INTELLIGENT ECONOMIC SYSTEM IN SUBSOIL USE

**Abstract:** The modern assessment of the technical and economic efficiency of an oil and gas project involves the construction of a specific economic and mathematical calculation model, as well as the analysis of project criteria based on a set of predictive economic indicators for the reservoirs being developed and the field as a whole. The intellectual economic system developed for this purpose served as the basis for theoretical and applied research in the field of subsoil use and modern information technologies. It is relevant that the creation of models of knowledge bases and databases for the economic assessment of the development of oil and gas fields allow storing information on fields in a systematic way and reproducing the history of economic indicators of field development in dynamics in order to select the most effective options for the development of various fields.

**Keywords:** economic evaluation of development projects, information technology, knowledge bases, databases, intelligent system, optimal solutions, specific cost standards, economic efficiency.



**Комлев В.Н.**  
инженер-физик  
komleva\_ap@mail.ru



## ДОКУМЕНТЫ ДЛЯ ЯДЕРНОГО МОГИЛЬНИКА

*Рассмотрены российские особенности горно-геологической составляющей нормативно-правового регулирования деятельности в области захоронения радиоактивных отходов. В качестве примера выбрана ситуация с обоснованием федерального пункта захоронения отходов высокой активности и долгоживущих. Показаны недостатки учёта природных критериев. Предложено также дать оценку природно-техногенным условиям района захоронения радиоактивных отходов, в котором сосредоточены стратегические объекты ядерной, космической, нефтедобывающей и угольной отраслей, подземные запасы пресной воды. Рассмотрена возможная нормативная база комплексной экспертизы геологических материалов. Признано целесообразным пополнить её несколькими Федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии, приостановить действие двух выданных Роснедрами и Ростехнадзором лицензий и выполнить повторные экспертизы безопасности захоронения радиоактивных отходов.*

**Ключевые слова:** радиоактивные отходы, подземное захоронение, право, геологические, технические и экологические нормы.



ПГЗРО (пункт глубинного захоронения радиоактивных отходов, РАО; в иной правовой редакции – могильник) – природно-техногенный объект использования атомной энергии (ОИАЭ [1, разделы 2 и 3]), причём горный массив по концепции барьерной изоляции РАО – его главный барьер (элемент, «оборудование») в контексте сверхдолговременной (миллион лет) безопасности как самого объекта, так и его соседей в районе их взаимодействия. Оценка защитных свойств массива, выполняемая по относительно независимым нормам использования недр и атомной энергии, соответственно, является краеугольным камнем оценки комплекса факторов опасности.

ПГЗРО – это, несомненно, уникальная и сложная система. Сверхдолговременный, затратный (не менее ста миллиардов долларов только на обозримое будущее), а также стратегически опасный в химическом, радиационном и ядерном (в некоторых ситуациях) отношении объект. Человечество ещё только приступает к решению задачи захоронения РАО в земных недрах. Наиболее продвинутые на сегодня проекты Финляндии и Швеции, в силу относительно малых и однообразных объемов использования атомной энергии этими странами, никогда в принципе не могут закончиться объектами, которые могли бы быть серьёзными аналогами российскому. Нормативная база обоснованного выбора главного (природного) барьера безопасности (а этот элемент системы человеку можно только выбрать, но нельзя создать) – одно из важнейших начал дела.

Данная статья, как оценочное профессиональное суждение, выражение субъективного мнения и взглядов автора для попытки понимания будущего, посвящена критическому анализу и обобщению опубликованной (в открытых источниках) информации по теме захоронения радиоактивных отходов.

## 1. Локализация объекта

Национальный ПГЗРО было назначено построить в Железногорске Красноярского края, на промышленной территории ГХК (Горно-химический комбинат), в гнейсах, вблизи Енисея.

Гнейсы – одни из наиболее распространённых в земной коре пород, то есть весьма доступны. Однако они, мягко говоря, в мире не являются приоритетом применения в качестве вмещающей среды для ПГЗРО. Это породы, склонные к выветриванию и разрыхлению под влиянием внешних природных гидротермальных факторов (поэтому геологи без давления никогда не стали бы называть гнейсы «уникальными, единственными и наилучшими в мире»), аналогом коих с добавлением усиливающего деструк-

цию фактора радиационного воздействия будут условия захоронения высокоэнергетических РАО. Гнейсы не входят в перечень пригодных для захоронения РАО геологических структур согласно Методическим рекомендациям профильного Министерства природных ресурсов – одного из первых российских профессиональных документов по теме выбора участка/площадки, подготовленного в развитие концептуальных основ Закона «О недрах». В дальнейшем, к сожалению, в том числе и при нормотворчестве, международный геологический опыт относительно гнейсов участники Енисейского проекта (не геологи) проигнорировали, увлеклись созданием удобных для них схем и мифов, а про Закон «О недрах» стали безнаказанно систематически «забывать».

Тем более, не должны были бы, видимо, рассматриваться конкретные (участок «Енисейский») гнейсы глобальной (плита-платформа) и локальной (древние гнейсы и молодая интрузия гранитов вблизи мощных ещё более молодых юрских осадков) переходных зон, находящиеся предположительно в контакте с зоной восходящей разгрузки глубинных напорных вод, вряд ли свободные от влияния водоносных горизонтов Западно-Сибирского артезианского бассейна. Они на земной поверхности ограничены в размерах Енисеем и юрой, имеют сложную структуру массива и подземной гидросферы в выбранном интервале глубин, назначены (следуя за плановой функцией ГХК по массовой переработке гражданского ОЯТ – отработавшего ядерного топлива, которая не является мировым канонem) без должного для национального ПГЗРО (с потенциалом до международного уровня и захоронения ОЯТ) выбора, без детальной разведки, без детальных геохимических исследований территории при съёмке по воде и газам, с эффектом хаотичного изменения (по какой причине?) содержаний индикатора-третия в воде на уровне ПГЗРО.

Не изучена радиационная стойкость гнейсов, значимо содержащих биотит (этот минерал даже определяет зачастую названия разновидностей гнейсов и не без связанной воды в составе) и мусковит – потенциально неустойчивые в радиационных полях слюды. А также характер в таком контексте последствий выхода радионуклидов в пределы горного отвода на прямой контакт со стенками природных дренажных каналов для их внутреннего облучения. Или на прямой контакт с бентонитом (глина с большим содержанием связанной воды), что может запустить процесс радиолиза основного материала инженерных гидроизолирующих барьеров и их деградации в медленной или взрывной (гремучая смесь) форме. Эти процессы нельзя не учитывать. Ведь с течением времени горные породы/минералы

могут быть потенциальными и значимыми источниками радиолитического водорода даже при облучении в естественных полях[2].

Возможность профессиональной и объективной оценки безопасности гнейсов, с уже выявленными (всеми ли?) негативными инженерно-геологическими, геодинамическими и гидрогеологическими характеристиками, затруднена. Гнейсы уже перегружены стратегическими объектами ядерной и космической отраслей, а также хранилищами и могиликами радиоактивных материалов. Они находятся в контуре Канско-Ачинского угольного бассейна/провинции месторождений полезных ископаемых, в центре страны (так было специально выбрано во время строительства ГХК, ныне же это справедливо лишь в координатах запад – восток, а южная государственная граница гораздо ближе к ГХК, нежели северная, что не может не тревожить) – при сложной (по стратегическим магистралям) схеме транспортировки РАО (каких?) разных (каких?) поставщиков, вблизи крупной реки – фундаментальной биосферной геосистемы, вблизи города-миллионника Красноярска и АО «Красмаш» (производитель главного перспективного оружия России – ракет «Сармат», Роскосмос) – сложной агломерации в экстремальных экологических условиях.

Были ли альтернативы Железногорску? Были и есть. Несколько новостей апреля 2022 г. фиксируют ситуацию.

1. Семь ведущих специалистов ФГУП «НО РАО» разом стали соавторами потенциального ПГЗРО в Краснокаменске (журнал «Радиоактивные отходы», № 1, 2022). Надо полагать, – это, наконец-то, признание одной из альтернатив супермогилинику в недрах территории ГХК.

2. Верстают долговременный План мероприятий по «финальной изоляции» реакторного графита (ФГУП «НО РАО»). Почему бы не включить в План камеральные работы по оценке перспектив захоронения этих РАО в скальных массивах Северо-Запада России (прежде всего, Кольского полуострова и Карелии)? По материалам государственных геологических фондов (Петербург и Апатиты). Ведь все РБМК – в европейской России (а головной в серии и первый в очереди на демонтаж – на Ленинградской АЭС). Как уже делалось ранее: площадка «Дальние Зеленцы» (международный проект NUCRUS 95410) и площадка «SAMPO-Pechenga-I». Камеральные работы: затраты малые, а обоснованность окончательного решения резко повысится. Причём, например, ПГЗРО в Печенгском районе Мурманской области существенно демпфировал бы остроту социально-экономических проблем из-за необходимого/вынужденного снижения про-

изводственной деятельности Норникеля здесь, способствовал бы решению проблем и региона, и двух корпораций.

3. Росатом и Норникель планируют добывать литий на Кольском полуострове (Колмозерское месторождение). По рудному полю небольших размеров уже есть бурение. Объёмы бурения под задачу лития будут наращивать. Почему бы попутно не анализировать информацию по вмещающим породам для новой задачи – ПГЗРО? Да и бурение пары-тройки скважин заведомо по вмещающим породам специально для оценки перспектив ПГЗРО бюджет общих работ не отяготит.

## II. Хронология оформления разрешительных документов по ПГЗРО

1. Протокол ГКЗ (Государственной комиссии по запасам) Роснедра № 4523 от 03-02-2016 «Утверждение заключения государственной экспертизы...».

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 595-р от 6-04-2016 «на право пользования недрами Енисейского участка для захоронения радиоактивных отходов».

3. Лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016, лицензируемая деятельность: «захоронение РАО».

4. Документ научной поддержки ДНП-5-3476-2016 (НТЦ ЯРБ, Научно-технический центр ядерной и радиационной безопасности) «Экспертное заключение об обосновании деятельности по размещению пункта хранения радиоактивных отходов».

5. Лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 от 27-12-2016, лицензируемая деятельность: «размещение и сооружение пункта хранения РАО».

Видна схема и горно-геологическое начало/стартовый документ – первый шаг обоснования безопасности ОИАЭ. Кроме того, появляются разночтения в трактовке функции объекта.

И ещё. Привлечение общественности «требует значительного количества времени и надлежащего набора навыков», заявили официальные лица и эксперты из Канады, Финляндии и Швеции счётной палате правительства США в рамках доклада о ядерных отходах за сентябрь 2021 года, подготовленного для конгресса страны. Канада потратила почти 20 лет, Финляндия – 17 лет, а Швеция – более 30 лет на взаимодействие с общественностью до выбора места (выделено мной, – В.К.) постоянного геологического хранения, говорится в докладе [3]. Так считают за рубежом относительно времени общенационального обсуждения проблемы. В России взаимодействовать с общественностью Железногорска (не страны) начали после назначения места для федерального ПГЗРО.



### III. Результаты предыдущего анализа нормативных и разрешительных документов

Ранее, при анализе материалов протокола ГКЗ Роснедра № 4523 от 03-02-2016 – базы всех разрешительных документов относительно разных видов пользования недрами, было установлено [4,5], что (по некоторым особенностям процедуры выбора и геологического изучения, инструментально измеренных характеристик пород, вещественного и изотопного состава РАО, сравнения реальности с нормами) обоснование части промышленной территории ГХК, названной как бы независимым участком «Енисейский», может не соответствовать ни рекомендациям МАГАТЭ, ни международной практике захоронения отходов, ни практике надёжных гидрогеологических исследований, ни Закону «О недрах» и Методическим рекомендациям по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых, ни Закону и Методическим указаниям о лицензировании, ни национальным требованиям НП-055-04 и НП-055-14, и, соответственно, не доказана хотя бы потенциальная пригодность недр участка для строительства и разных стадий эксплуатации ни ПИЛ, ни первой, ни последующих очередей федерального ПГЗРО, а толкования ситуации сегодняшнего дня разными группами (Красноярскгеология + ГКЗ, ФГУП «НО РАО» + ИБРАЭ) участников и сторонников Енисейского проекта противоречат друг другу.

Гнейсы промышленной территории ГХК не соответствуют, скорее всего, по многим критериям требованиям законодательства и технических норм, международным подходам, в итоге – заявленному и предполагаемому статусу ПГЗРО, но торопливо легализованы рядом документов!

### IV. Последующий сравнительный анализ документов

#### IV.1. Федеральные нормы и правила (НП) в области использования атомной энергии с фрагментами природных факторов

НП-016-05, НП-060-05, НП-038-16, НП-064-05, НП-064-17, ПНАЭ Г-14-038-96 и НП-050-03. Для всех во вводных пунктах обозначена принадлежность к объектам хранения/захоронения РАО/радиоактивных веществ (РВ) и/или ЯТЦ (ядерного топливного цикла). Во всех присутствуют отдельные критерии и подходы, базирующиеся на природных особенностях. Далее – всего лишь некоторые примеры фиксации в НП интересующих нас обстоятельств.

Концепция глубоководной защиты, условия размещения объекта, обеспечение качества изыскательских и исследовательских работ, горный массив должен относиться к эле-

ментам системы 1 класса безопасности (интерпретация автора статьи), совокупность района и площадки, природных и техногенных воздействий, нового и действующих объектов ЯТЦ (В.К., – для ПГЗРО окружающая среда, в том числе и прежде всего, – промышленная территория/площадка ГХК; поэтому воздействие на окружающую среду включает и воздействие на ГХК) – НП-016-05.

Кроме того, характеристики (в том числе гидрологические и гидрогеологические) окружающей среды, способные оказывать влияние на перенос и накопление радиоактивных веществ, условия и пути эвакуации населения, перевозки ядерных материалов, радиоактивных веществ, радиоактивных отходов в случае опасных явлений, процессов и факторов природного и техногенного происхождения на площадке и в районе размещения ПХ ЯМ (ядерных материалов) и РВ, мониторинг процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения в районе размещения и на площадке не менее чем за 6-12 месяцев до начала сооружения ПХ ЯМ и РВ, возможность затопления волной прорыва напорного фронта водохранилищ при разрушении плотин, расположенных вверх по течению реки, горные выработки, устойчивость которых не обеспечивается в течение всего срока эксплуатации и вывода из эксплуатации подземных объектов, породные массивы, если при аварии не обеспечивается стабильность (сохранность) свойств пород, районы эксплуатируемых артезианских бассейнов и зоны интенсивного обмена подземных и поверхностных вод, районы, где разведаны крупные месторождения полезных ископаемых или ведётся их разработка, районы, в пределах которых расположены объекты (в том числе военного назначения), при пожаре и взрыве, на которых возможны выбросы токсичных веществ и другие воздействия, районы, в которых велика вероятность возникновения по внешним причинам пожаров, тепловое и (или) другое (В.К., – радиационное) влияние подземных объектов на свойства вмещающего их породного массива, параметры внешних воздействий от соседних объектов (в том числе военного назначения), расположенных на площадке и в районе размещения ПХ ЯМ и РВ, при нормальной эксплуатации или при авариях, факторы, связанные с откачиванием промысловых скважин в широких масштабах и разработкой месторождений полезных ископаемых, производством горных работ, направления и скорости движения загрязнённых потоков к местам их разгрузки – НП-060-05.

И ещё. Данные о водоносных горизонтах в районе и на площадке, для конкретных местных

явлений принимаются во внимание и другие факторы и явления – НП-064-05. Требования к описанию близлежащих промышленных объектов и объектов оборонного комплекса, транспортных сооружений, располагаемых на расстоянии до 5, 10 и 20 км от ПХ РАО – ПНАЭ Г-14-038-96. Учёт условий размещения, показатели надёжности элементов (В.К., – в части горного массива как элемента объекта) – НП-038-16.

Очень важное обстоятельство присуще рассмотренным НП – использование понятий «район» и «взаимовлияние» природных и техногенных объектов. Часто понятия связаны. В НП-060-05, например, дано такое определение: «Район размещения пунктов хранения ядерных материалов и (или) радиоактивных веществ – территория, на которой возможны явления, процессы и факторы природного и техногенного происхождения, способные оказывать влияние на безопасность ПХ ЯМ и РВ и определять условия их размещения, и которая включает площадку ПХ ЯМ и РВ». В нашем конкретном случае эти понятия хорошо сочетаются с введёнными в НП-055-04 и НП-055-14 понятиями «район», «система захоронения» (совокупность природного геологического образования, сооружений пункта захоронения и захороненных РАО) и «эволюция системы захоронения». Ведь в гнейсах одной промышленной территории, как части района, достаточно близко будут расположены крупные подземные комплексы ГХК и ПГЗРО.

Однако, в экспертизах по участку «Енисейский» сами эти НП, их идеологию, задаваемую ими общую логику действий при обосновании безопасности ПГЗРО, похоже, не применяют (не применяли) или применяют (применяли) не очень внимательно. Особенно это характерно для базовой экспертизы, отражённой в Протоколе ГКЗ Роснедра № 4523 от 03-02-2016. Свежий пример: скороговоркой сообщается, что оценка возможного влияния ГХК на ПГЗРО была (лишая права ознакомиться непосредственно с оценкой и её качеством), но ничего даже не упоминается о возможности/невозможности влияния в противоположном направлении на стадии строительства ПГЗРО, которой (см. лицензируемая деятельность по ГН-01,02-304-3318) посвящена экспертиза по ТЗ [1].

#### **IV.2. Положение о лицензировании деятельности в области использования атомной энергии (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 29.03.2013 г. № 280)**

Рассмотрим дополнительные, ранее нами не рассмотренные [4,5], особенности лицензирования в связи с ПГЗРО.

##### **1. Сайт НТЦ ЯРБ.**

В рамках процедуры лицензирования деятельности в области использования атомной энергии НТЦ ЯРБ выполняет экспертизу безопасности (экспертизу обоснования безопасности) объектов использования атомной энергии и (или) видов деятельности в области использования атомной энергии (далее – экспертиза безопасности).

Предметом экспертизы безопасности является анализ соответствия представленных соискателем лицензии обоснований безопасности объекта использования атомной энергии и (или) обоснований безопасности видов деятельности в области использования атомной энергии **законодательству Российской Федерации, нормам и правилам в области использования атомной энергии, современному уровню развития науки, техники и производства** (<https://www.secnrs.ru/expertise/safety-review/>).

2. Положение о лицензировании деятельности в области использования атомной энергии (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 29.03.2013 г. № 280.

«Условия действия лицензии – неотъемлемая часть лицензии, содержащая условия, необходимые для обеспечения безопасности объекта использования атомной энергии и (или) вида деятельности на указанном объекте».

3. «Оборудование» – элементы объекта использования атомной энергии, отнесённые разработчиком проекта объекта использования атомной энергии в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии к 1, 2 и 3 классам безопасности по степени влияния на безопасность объекта (Положение № 280).

Термин «оборудование» в случае ПГЗРО как элемент объекта относится, видимо, и к горному массиву.

4. Лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 от 27-12-2016, лицензируемая деятельность: «размещение и сооружение пункта хранения РАО» без права каких-либо действий с РАО (пункт 1.4 Условий действия лицензии). Фактически на данном этапе у лицензируемого объекта и вида деятельности нет признаков/атрибутов ОИАЭ.

5. В условиях действия лицензии ГН (как и в самой лицензии) вид деятельности «геологическое изучение массива в ПИЛ (подземной исследовательской лаборатории)» не обозначен и разрешённой деятельностью не является. И этого в лицензии Ростехнадзора быть не может в принципе, так как выдача разрешения на пользование недрами для их изучения – прерогатива Роснедр. ПИЛ с задачей изучения массива не является ОИАЭ. Все разговоры и действия в рамках данной лицензии относительно из-

учении массива на стадии строительства будут, вероятно, противоправными.

6. «Лицензируемый вид деятельности – вид деятельности в области использования атомной энергии, на осуществление которого, на территории Российской Федерации, требуется получение лицензии в соответствии с Федеральным законом «Об использовании атомной энергии» (Положение № 280).

Похоже, ПИЛ, как не ОИАЭ, не регламентируется данным Положением. Статья 4. Виды деятельности в области использования атомной энергии Закона «Об использовании атомной энергии» не содержит указаний на проведение научных исследований без использования атомной энергии. Лицензирование размещения и создания ПИЛ для деятельности по изучению массива – вне задач лицензирования Ростехнадзора. Внесение термина «ПИЛ» в название лицензии ГН излишне.

7. Лицензия предоставляется на срок, устанавливаемый исходя из срока, в течение которого безопасность деятельности и объекта, на котором или в отношении которого планируется осуществлять лицензируемый вид деятельности, обоснована соискателем лицензии и подтверждена результатом экспертизы безопасности (Положение № 280).

Лицензия ГН имеет срок действия (10 лет), обусловленный сроком строительства подземного объекта. Длительность НИР в подземном объекте (которую неоднократно обозначали в 30 лет минимум) в сроке действия лицензии не отражена. Следовательно, эта лицензия, и с такой точки зрения, не предусматривает НИР в ПИЛ лицензируемым видом деятельности. Исследования в подземных сооружениях по лицензии ГН на стадии их строительства или позже будут, скорее всего, противозаконными без дополнительного лицензирования.

Афиширование (<https://dela.ru/articles/269734/>) и последующее освещение в СМИ деятельности такой нелегализованной (без лицензии на изучение недр) ПИЛ на участке «Енисейский» (как и любых геологических исследований участка с земной поверхности без лицензий) будут вряд ли допустимыми.

8. Лицензия ГН не является совмещённой лицензией, она удостоверяет лишь право строительства подземных сооружений, но не изучение горного массива. Соискатель предоставлял заявление о выдаче лицензии и соответствующие документы применительно к каждому виду деятельности, включая изучение массива?

9. В условиях действия лицензии ГН (п. 2.2.8) предписано: лицензиат обязан информировать

Ростехнадзор о новых данных или об изменении в представленных на этапе лицензирования сведениях, имеющих отношение к разрешённой лицензией деятельности.

Лицензиат обязан информировать лицензирующий орган о новых сведениях или об изменении представленных на этапе получения лицензии сведений, имеющих отношение к безопасности объекта использования атомной энергии и (или) лицензируемого вида деятельности, в течение 15 рабочих дней со дня получения новых сведений либо изменения имеющихся сведений (п. 32 Положения № 280).

Представление лицензиатом искажённой, неполной или недостоверной информации, непредставление или несвоевременное представление информации об изменившемся состоянии безопасности объекта использования атомной энергии, а также сокрытие информации о нарушении пределов и условий безопасной эксплуатации объекта использования атомной энергии является грубым нарушением условий действия лицензии (п. 34 Положения № 280).

ФГУП «НО РАО» (владелец двух лицензий на пользование недрами участка «Енисейский») не информировал, скорее всего, Ростехнадзор и Роснедра о новых данных и изменениях в представленных сведениях относительно геологии площадки и района размещения ПГЗРО, которые интенсивно публиковались после 2016 г. в разных СМИ и научно-технических изданиях, включая журнал «Радиоактивные отходы».

#### **IV.3. Техническое задание на проведение экспертизы обоснования безопасности деятельности ФГУП «НО РАО» по сооружению пункта хранения радиоактивных отходов в объёме подземной исследовательской лаборатории**

Среди документов, представленных на экспертизу, есть «Отчёт обоснования безопасности» ФГУП «НО РАО».

В разделах 2 и 3 («Цель экспертизы» и «Перечень документов, подлежащих экспертизе») речь идёт об «Объекте использования атомной энергии и виде деятельности в области использования атомной энергии».

В разделе 4 «Вопросы экспертизы» обозначена непосредственно лишь деятельность, относящаяся к захоронению РАО. Задачи экспертизы относительно ПИЛ не ставились.

Экспертное заключение ДНП-5-3476-2016 планировалось передать после утверждения в ФГУП «НО РАО» и 6 Управление Ростехнадзора.

Таким образом, название ТЗ и его содержание дают, по моему мнению, новый пример несоответствий.



#### IV.4. ДНП-5-3476-2016 «Экспертное заключение об обосновании деятельности по размещению пункта хранения радиоактивных отходов».

Документ этапа лицензирования оказался для меня недоступен. Однако вряд ли в нём исправлены существенные недостатки предыдущей основной геологической экспертизы (протокол ГКЗ Роснедра № 4523 от 03-02-2016) и ошибки методологии, зафиксированные в разделах I, III, IV(1-3) настоящей статьи.

Подготовленный в процессе открытого лицензирования конкретного объекта как часть лицензирования, утверждённый без каких-либо ограничений доступности руководителем организации, разосланный по структурам Росатома и вошедший в набор обоснований лицензии ГН-01,02-304-3318 от 27 декабря 2016 г. документ ДНП-5-3476-2016 «Экспертное заключение...» вряд ли является предметом лишь «обсуждения со специалистами в установленном рабочем порядке», как иногда пытаются утверждать.

Авторы ДНП-5-3476-2016 «Экспертное заключение...» (научной отраслевой экспертизы безопасности ПГЗРО по лицензии ГН-01,02-304-3318 от 27 декабря 2016 г.) были склонны блокировать обсуждение своей работы – составной части социально важного решения размещать и строить ПГЗРО на участке «Енисейский» (завершающего документа по циклу 2016 г., начавшемуся с Протокола ГКЗ); следовательно, не уверены в ней.

Этот документ подлежит публичному анализу, в случае необходимости, в установленных ст.2 Закона «Об использовании атомной энергии» рамках.

#### Заключение

По моему мнению, уровень научно-технического обоснования и взаимодействия с обществом при выборе площадки ПГЗРО был существенно занижен неадекватно статусу объекта.

Вполне разумным будет решение о приостановке действия лицензий (КРР 16117 ЗД, ГН-01, 02-304-3318) и повторной комплексной государственной экспертизе всех материалов обоснования безопасности ПГЗРО.

Конкретные основания для такого решения рассмотрены в разделах I, III, IV настоящей статьи и подробно в серии моих и других авторов статей 2016-2022 годов в различных изданиях, продублированных в Интернете.

Кстати, выработки протяжённого туннеля в границах промышленной территории ГХК между берегами Енисея – чем не опережающая ПИЛ для разных условий ([6], раздел V, пункт 21), а её условия разве не дополнительный предмет экспертизы?

Я осознаю, что могу ошибаться. Поэтому прошу специалистов, по возможности, проверить и публично обсудить суть моих доводов.

Статья подготовлена автором на основании ст. 2 Закона «Об использовании атомной энергии», профессионального образования и опыта работы.

Критические замечания и предложения на будущее отражают следование духу и букве документов [7,8]. В частности, обозначенным в [8] таким смыслом, как возрастание роли общественности (п. 9з, с. 5), эффективная информационная поддержка (п. 12з, с. 8), интеграция знаний (п.13и, с. 14), повышение эффективности экспертиз (п. 13р, с. 16) и другие. XXI

#### Литература

1. Техническое задание на проведение экспертизы обоснования безопасности деятельности ФГУП «НО РАО» по сооружению пункта хранения радиоактивных отходов в объёме подземной исследовательской лаборатории, 2016 г. (утверждено: И.А. Пронь, Е.Г. Кудрявцев).
2. Полеванов В.П. Природный водород. Предварительное руководство для поисков // Недропользование XXI век. 2022. № 2. С. 4-11.
3. Кочетова Марина. «Ядерный ренессанс» зависит от решения проблемы радиоактивных отходов // Ведомости, 28 апреля, 2022 г. / Экология / Наука и технологии (<https://bezrao.ru/n/5190>).
4. Комлев В.Н. Глубинное захоронение радиоактивных отходов: требования и реальность // Маркшейдерский вестник. 2020, № 6. – С. 61.
5. Комлев В.Н. Закон о недрах и радиационная безопасность страны (<https://proza.ru/2020/09/20/903>).
6. Комлев В.Н. Ядерный могильник вблизи воды, угля и нефти (<https://proza.ru/2021/12/15/641>).
7. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020), статья 29.
8. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу (<https://meganorm.ru/Index2/1/4293734/4293734177.htm>).

UDC 167.6:349.6:349.7:504.03:621.039

V.N. Komlev, engineer-physicist, [komleva\\_ap@mail.ru](mailto:komleva_ap@mail.ru)

## DOCUMENTS FOR THE NUCLEAR REPOSITORY

**Abstract:** The Russian features of the mining and geological component of the legal regulation of activities in the field of radioactive waste disposal are considered. As an example, the situation with the justification of the federal point for the disposal of high-level and long-lived waste was chosen. The disadvantages of taking into account natural criteria are shown. It is also proposed to assess the natural and technogenic conditions of the radioactive waste disposal area, in which strategic facilities of the nuclear, space, oil and coal industries, underground fresh water reserves are concentrated. The possible normative base of complex examination of geological materials is considered. It was deemed expedient to supplement it with several federal norms and rules in the field of the use of atomic energy, to suspend the validity of two licenses issued by Rosnedra and Rostekhnadzor, to carry out re-examinations of the safety of radioactive waste disposal.

**Keywords:** radioactive waste, underground burial, law, geological, technical and environmental standards.

**Овчинников К. Н.**

к.т.н., доцент, руководитель магистерской программы «Геологическое обеспечение и мониторинг технологий утилизации, хранения и ресурсосбережения углеродных газов» УГНТУ

[kirill.ovchinnikov@energycc.org](mailto:kirill.ovchinnikov@energycc.org)

# КАРБОНОВЫЙ СЛЕД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ЕЁ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ В КИТАЕ, США И ГЕРМАНИИ

*Данная статья предлагает анализ технологий снижения выбросов парниковых газов ключевых основных стран-производителей металлургической промышленности – США, Китая и Германии. Особое внимание уделено анализу снижения выбросов парниковых газов в черной металлургии переходом с доменно-конвертерного на электросталеплавильный процесс с использованием железа прямого восстановления.*

**Ключевые слова:** декарбонизация, карбоновый след, снижение выбросов парниковых газов, геологическое захоронение CO<sub>2</sub>, низкоуглеродная энергетика.

В последние годы все больше внимания уделяется проблеме, связанной с сокращением выбросов парниковых газов, в т.ч. при производстве чугуна и стали. В октябре 2021 г. была опубликована «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.». В ней наиболее перспективными технологиями в металлургии названы увеличение доли производства железа прямого восстановления (ПЖ), замена природного газа на водород, применение технологий улавливания, утилизации и хранения углерода.

Главным направлением снижения выбросов парниковых газов в чёрной металлургии в России обозначен переход с доменно-конвертерного на электросталеплавильный процесс с ис-

пользованием железа прямого восстановления. Данная статья предлагает анализ технологий снижения выбросов парниковых газов ключевых основных стран-производителей металлургической промышленности – США, Китая и Германии.

## **Актуальность проблемы выбросов металлургического сектора**

В масштабе планеты вклад металлургического сектора в общее количество выбросов парниковых газов составляет порядка 9%. Несмотря на то, что отрасль не является основным источником выбросов, многие сталелитейные компании Европы включились в процесс разработки и внедрения новых технологий, позволяющих существенно сократить выделение углерода

на всех циклах производства без существенного снижения производительности оборудования.

Нужно отметить, что добиться существенного снижения потребления углерода в рамках известных технических решений на сегодняшний день уже невозможно. В итоге, практически все новые проекты построены на двух принципах – замещение углеродного сырья на водород и установка систем улавливания CO<sub>2</sub> из атмосферы. Перспективные технологии снижения выбросов представлены в **таблице 1**.

Ожидается, что применение ряда перспективных технологий обеспечит сокращение выбросов CO<sub>2</sub> на 30% к 2030 году за счёт улавливания и связывания углекислого газа.

В любом случае разработка новых безуглеродных технологий производства стали влечёт увеличение затрат металлургических компаний на любом континенте. Компания Eurofer опубликовала отчёт по оценке затрат на производство стали с учётом новых технологий к 2050 году, и их увеличение составит от 35 до 100% относительно себестоимости производства стали по «классической» технологии. По оценкам проекта HYBRIT рост удельных затрат составит от 20 до 30% в текущих ценовых соотношениях стоимости сырья и энергоресурсов.

Складывается ситуация, когда себестоимость производства стали в Европе, с учётом реализации новых технологий, будет существенно превышать стоимость импортного проката из других стран. В основном потому, что эти страны ещё не применяют новые технологии по снижению выбросов углерода.

**Таблица 1.**

Перспективные технологии снижения выбросов CO<sub>2</sub>.

	Прямое предотвращение выбросов углерода (CDA)	Производство зеленого водорода	Улавливание и использование углерода (CCU)	Улавливание и хранение углерода (CCS)	Срок реализации
SSAB	HYBRIT		FReSMe		2045
Voestalpine	SuSteel/DRI	H2Future			Замена доменных печей с 2035
Salzgitter	SALCOS	GrinHy/Salzitter Clean Hydrogen	SALCOS		-
Tata Steel Ijmuiden	Hisama	Green cluster Amsterdam	FReSMe/Steel2 Chemical	Hisama	2050
TKS		IN4climate	Carbon2Chem		80% к 2050
ArcelorMittal Gent			Steelanol/Sreel 2Chemicals		30% снижение CO <sub>2</sub> в Европе к 2030
ArcelorMittal Fos			Carbon4PUR		
ArcelorMittal Hamburg	Grey hydrogen in DRI				
ArcelorMittal Dunkerque		IGAR			

Всё чаще отмечаются два аспекта:

- импорт проката в Европу из стран, не занимающихся снижением нагрузки на окружающую среду, является так называемым «импортом загрязнений»
- подчёркивается необходимость «корректирующего налога» на такой импорт, с целью компенсации затрат сталелитейным компаниям Европы на борьбу с углеродным следом.

По оценкам крупнейшей глобальной сталепроизводительной компании ArcelorMittal затраты на достижение углеродно-нейтрального баланса к 2050 году могут достичь €40 млрд. И для их компенсации требуется введение «корректирующего пограничного углеродного налога». Создаются условия для введения дополнительного – «зелёного» налога как для выравнивания условий доступа на европейский рынок для стран, не участвующих в глобальной задаче сокращения «углеродного следа», так и для компенсации затрат европейских металлургических компаний на разработку проектов безуглеродной металлургии.

Подходы по определению плательщиков такого «эконалога» могут быть разными. К примеру, по схеме удельных выбросов парниковых газов на душу населения и на ВВП. Или с учётом доли присутствия на рынке стального импорта в Европу.

Вне зависимости от подхода наибольшая нагрузка ляжет на металлургические компании России, Китая и Турции.

Принцип применения новой «экологической пошлины» может быть применён как в отношении государств, так и в отношении металлургических компаний.



### Тренды индустрии производства стали по ключевым странам-производителям (Китай, США и Германия)

Китай – развивающаяся страна, которая в настоящее время находится в процессе индустриализации. Китайская металлургическая промышленность быстро росла вместе с национальной экономикой. В течение последних 25 лет подряд Китай был крупнейшим производителем сырой стали в мире. Производство стали в 2020 году составило 1053 млн тонн, что составило более половины от мирового производства. Сталелитейная промышленность Китая вносит значительный вклад в глобальные выбросы CO<sub>2</sub>.

Производство нерафинированной стали в Германии достигло пика в 48 млн тонн в 2007 году, после чего упало до 35,7 млн тонн в 2020 году. Увеличение было результатом увеличения производства стали в электродуговых сталеплавильных печах, в то время как производство с использованием процесса доменно-конвертерной печи оставалось почти постоянным. Металлургическая промышленность Германии постоянно сокращала потребление кокса в доменной печи, достигнув впечатляющего снижения на 50% за последние десятилетия за счёт применения таких мер повышения эффективности, как турбина восстановления верхнего давления, вдувание пылевидного угля, использование кислорода.

В США производство стали достигло пика в 1973 году и составило 137 млн тонн с последующим плавным падением. К 2020 г. уровень производства стали в США упал до 72 млн тонн. Интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> и энергоэффективность производства стали в США постоянно улучшались из-за реструктуризации отрасли в 1980-х годах, увеличения производства стали в электродуговых сталеплавильных печах, внедрения непрерывной разливки, использования

прямого горячего проката и совершенствования процесса производства сырья. Согласно статистике worldsteel.org, в 2020 году на долю одного только Китая приходилось около 56% мирового производства стали. США и Германия в том же году занимали 5-е и 8-е места по производству стали в мире. Таким образом, страны, представленные в этой статье, относятся к крупнейшим странам-производителям стали в мире (*Таблица 2*).

### Статистика выбросов CO<sub>2</sub> металлургической промышленностью по ключевым производителям стали

На интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> при производстве стали влияют отраслевая структура страны, технология, выбор топлива, коэффициент выбросов, загрузка мощностей сталеплавильных заводов и материалы (например, наличие стального лома).

В данной статье исследуется интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> в качестве единицы сравнения чёрной металлургии Китая, Германии и США. Критерием является индекс выбросов CO<sub>2</sub> на тонну произведённой сырой стали.

**Интенсивность CO<sub>2</sub>=(Выбросы CO<sub>2</sub> от чёрной металлургии)/(Производство сырой стали+Торговля необработанной сталью)**

Для расчёта энергоёмкости было использовано производство сырой стали в качестве знаменателя. Однако отметим, что процессы литья, прокатки и чистовой обработки, которые происходят после производства сырой стали, также находятся в рамках анализа.

На *рисунке 1* показана интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> в чёрной металлургии Китая, Германии и США в 2020 году. Производство сырой стали в США в 2020 году составило 80,5 млн тонн.

**Таблица 2.**  
Крупнейшие производители стали.

Рейтинг стран по объемам производства стали				
Место	Страна	2019 млн. т	2020 млн. т	Динамика, %
1	Китай	1001.3	1053	5.2
2	Индия	111.4	99.6	-10.6
3	Япония	99.3	83.2	-16.2
4	Россия	71.6	73.4	2.5
5	США	87.8	72.7	-17.2
6	Южная Корея	71.4	67.1	-6.0
7	Турция	33.7	35.8	6.2
8	Германия	39.6	35.7	-9.8
9	Бразилия	32.6	31	-4.9
10	Иран	25.6	29	13.3

Кроме того, было 3,99 млн тонн импортированных слитков, блюмсов, заготовок и плит. Таким образом, общее производство сырой стали в США, использованное для расчетов энергоемкости в 2010 году, составило 72 млн тонн. Согласно базовому анализу, выбросы CO<sub>2</sub>, связанные с общим потреблением электроэнергии и топлива в черной металлургии США в 2020 году, исходя из границ отрасли, составляли 39 365 и 107 353 тыс. тонн CO<sub>2</sub>, соответственно. Если эти выбросы разделить на производство сырой стали, то удельный вес CO<sub>2</sub>, связанный с использованием электроэнергии и топлива, можно рассчитать отдельно. Сумма этих двух значений интенсивности CO<sub>2</sub> дается как общая интенсивность CO<sub>2</sub> в сталелитейной промышленности США. На **рисунке 2** показаны результаты того же расчёта интенсивности CO<sub>2</sub> для сталелитейной промышленности в трёх других исследованных странах. У Китая самая высокая общая интенсивность CO<sub>2</sub> в сталелитейной промышленности.

Общая интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> в немецкой сталелитейной промышленности на 2% ниже, чем в США, что примечательно, учитывая, что в 2020 году доля Германии в производстве стали с помощью доменных печей (ДП), была ниже, чем в США. Доли оцениваются в 30% и 61% от общего объёма производства соответственно. Производство стали в электродуговых печах (ЭДП) имеет гораздо более низкую интенсивность выбросов CO<sub>2</sub>, чем производство стали в ДП. Далее рассмотрим другие факторы, влияющие на интенсивность CO<sub>2</sub> в сталелитейной промышленности трёх стран. Помимо расчёта интенсивности CO<sub>2</sub> для всей сталелитейной отрасли, мы отдельно

рассчитали удельную мощность CO<sub>2</sub>, связанную с производственным маршрутом в ЭДП и ДП в этих странах. На **рисунке 2** показана интенсивность выбросов CO<sub>2</sub>, рассчитанная для производства ЭДП и ДП/ОКП в Китае, Германии и США.

Одна из основных причин того, что интенсивность CO<sub>2</sub> при производстве стали из ЭДП в Китае значительно выше, чем в Германии и США, – в связи с тем, что более 45% сырья для ЭДП в Китае в 2020 году составлял чугун. Производство чугуна расходует большее количество топлива и выделяет больше углекислого газа. В США только около 10% сырья для ЭДП составляет чугун, а в Германии доля чугуна минимальна. Также на **рисунке 2** видно, что интенсивность выбросов на ДП/ОКП примерно одинакова в Китае и Германии, но значительно выше в США. Более высокая интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> у ДП/ОКП в США может быть вызвана различными причинами, такими как более старые установки доменного и кислородного конвертеров и более низкая степень внедрения технологий повышения энергоэффективности, таких как сухое тушение кокса (CDQ) и турбина регенерации верхнего давления (TRT) в доменных печах. Тем не менее, подробное исследование того, почему при производстве стали доменных печей / конвертеров в США значительно выше интенсивность выбросов CO<sub>2</sub>, может стать темой будущих исследований.

Приведённые здесь интенсивности относятся к полным технологическим циклам ЭДП, ДП/ОКП, которые включают разливку, прокатку и чистовую обработку продукции. То есть эти значения интенсивности для производства ЭДП, ДП/ОКП включают потребление энергии

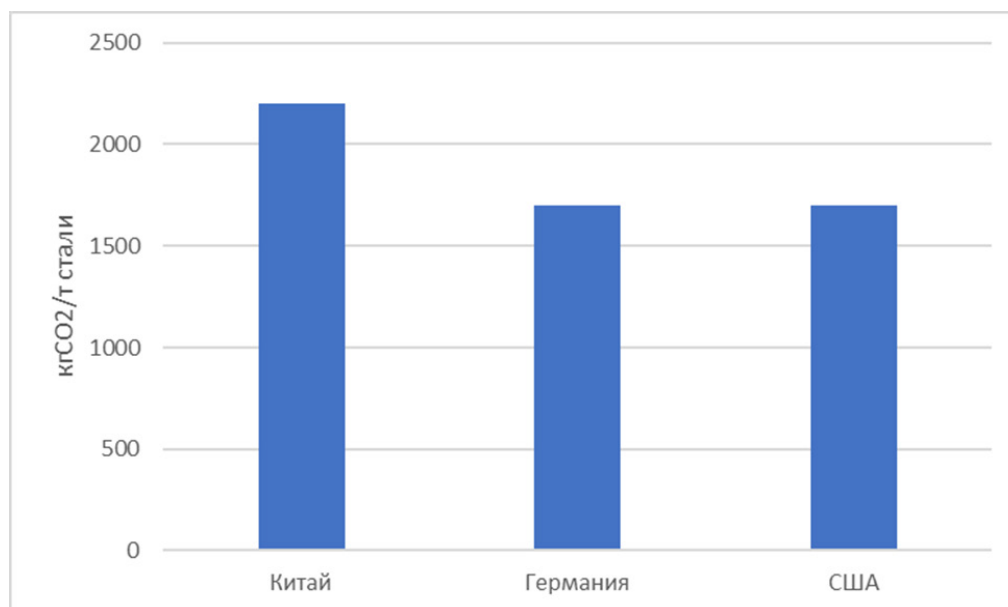


Рис. 1.

Базовый вариант – интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> черной металлургии Китая, Германии и США в 2020 году.

чистого импортируемого топлива, вспомогательных и промежуточных материалов. Кроме того, интенсивности выбросов CO<sub>2</sub>, показанные на **рисунках 1 и 2** могут отличаться от значений интенсивности выбросов CO<sub>2</sub>, рассчитанных в других исследованиях для сталелитейной промышленности представленных странах. Основная причина такой разницы может заключаться в различиях в определении того, что входит в границы отрасли и, следовательно, что не включается в расчёт значений интенсивности. Например, если другое исследование не включает затраченную энергию импортированного топлива и вспомогательных / промежуточных продуктов, то интенсивность CO<sub>2</sub>, рассчитанная в другом исследовании, вероятно, будет ниже, чем значение, рассчитанное в этой статье.

### Факторы эффективности, влияющие на выбросы CO<sub>2</sub>

В дополнение к базовому случаю, представленному выше, мы проанализировали влияние нескольких различных факторов на значение интенсивности CO<sub>2</sub> в производстве чугуна и стали для каждой страны. Цель этого факторного анализа состояла в том, чтобы определить, какие переменные являются наиболее важными для объяснения различий в интенсивности CO<sub>2</sub> между Китаем, Германией и США. Первый факторный анализ изучает влияние изменения соотношения ЭДП на интенсивность CO<sub>2</sub>. Этот анализ состоит из двух подразделов:

1.a Использует коэффициенты преобразования топлива для конкретной страны, коэффициенты выбросов CO<sub>2</sub> из электросети страны, ко-

эффициенты преобразования мировой стали для вспомогательных / промежуточных материалов и коэффициент ЭДП в Китае в 2020 году для расчёта интенсивности CO<sub>2</sub> для Германии и США.

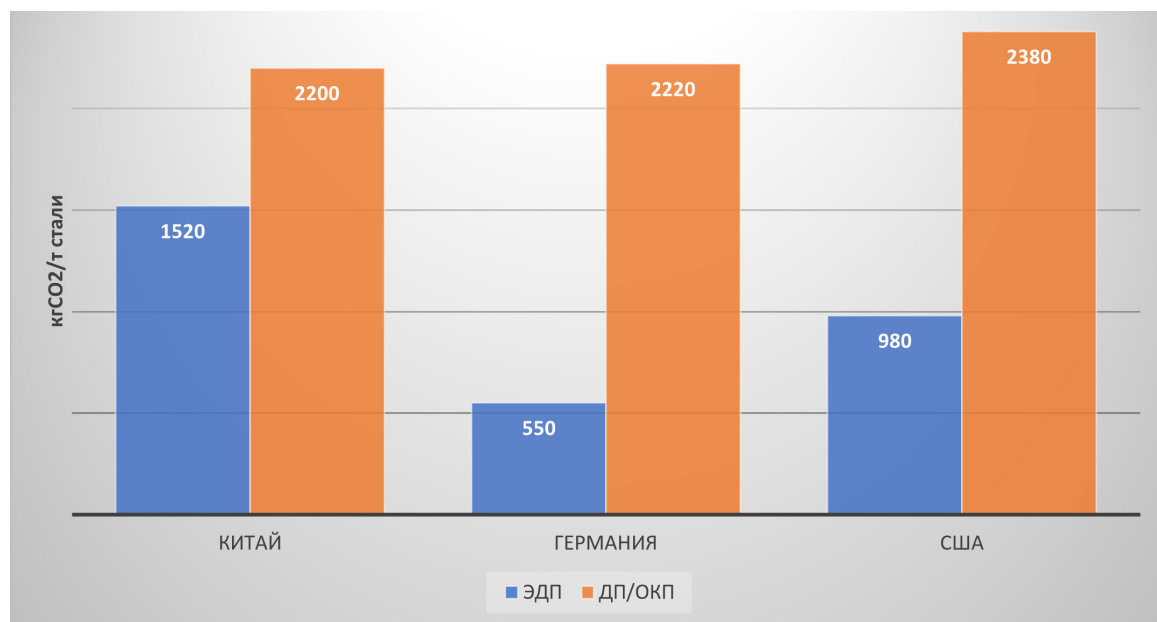
1.б Использует коэффициенты преобразования топлива для конкретной страны, коэффициенты выбросов CO<sub>2</sub> из электросети страны, коэффициенты преобразования мировой стали для вспомогательных / промежуточных материалов и коэффициент ЭДП в США в 2020 году для расчёта интенсивности CO<sub>2</sub> для Китая и Германии.

Второй факторный анализ исследует влияние на интенсивность CO<sub>2</sub> изменения коэффициентов выбросов CO<sub>2</sub> из электросети. Он состоит из двух следующих подразделов, основывающихся на данные 2020 года:

2.a Использует коэффициенты преобразования топлива для конкретных стран, коэффициенты преобразования мировой стали для вспомогательных/промежуточных материалов и коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от электросетей Китая для расчёта интенсивности CO<sub>2</sub> для Германии и США

2.б Использует коэффициенты преобразования топлива для конкретной страны, коэффициенты преобразования мировой стали для вспомогательных / промежуточных материалов и коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от электросетей США для расчёта интенсивности CO<sub>2</sub> для Китая и Германии.

На **рисунке 3** показаны результаты факторного анализа трех исследованных стран. В этом сравнении представлены результаты базового случая и двухфакторного анализа с рассчитанной интенсивностью CO<sub>2</sub> для Китая, Германии и США.



**Рис. 2.** Уровни выбросов CO<sub>2</sub> для ЭДП и ДП/ОКП в Китае, Германии и США в 2020 году.

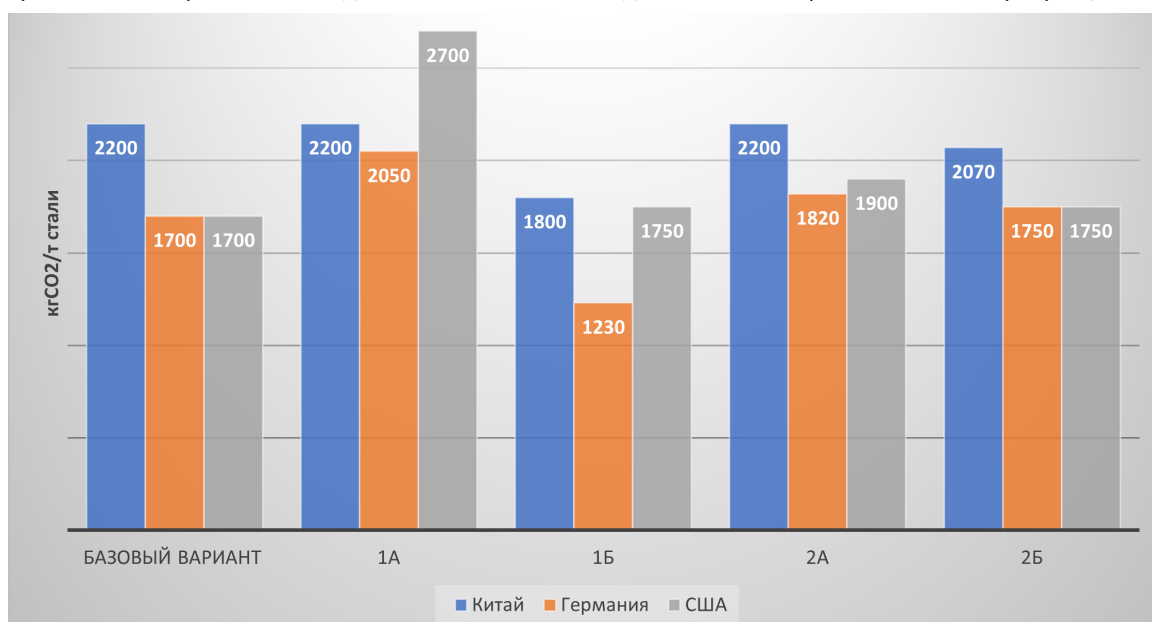


Факторный анализ 1а показывает, что, когда коэффициент ЭДП Китая 2020 года (который является самым низким среди исследованных стран) используется для расчётов интенсивности CO<sub>2</sub> для двух других стран, общая интенсивность CO<sub>2</sub> в сталелитейной промышленности Германии и США увеличивается на 19% и 56%, соответственно, по сравнению с анализом базового случая. В этом отношении коэффициент ЭДП в Германии в 2020 году (31,2%) ближе к соотношению ЭДП в Китае. Результаты факторного анализа 1а и 1б демонстрируют сильное влияние коэффициента ЭДП на интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> при производстве стали в исследуемых странах. Поэтому во всех сравнительных исследованиях на отраслевом уровне этот фактор всегда следует принимать во внимание и оценивать его влияние. Факторный анализ 2а показывает, что, когда используется коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> из электросети Китая (который является самым высоким среди исследованных стран) для расчетов интенсивности CO<sub>2</sub> в двух других странах общая интенсивность CO<sub>2</sub> в сталелитейной промышленности Германии и США увеличивается на 5% и 10% соответственно, по сравнению с анализом базового случая. В анализе базового сценария удельные выбросы CO<sub>2</sub>, связанные с использованием электроэнергии, составили 11% и 27% от общей интенсивности выбросов CO<sub>2</sub> в сталелитейной промышленности Германии и США в 2020 году, соответственно. Это также в основном связано с более высоким процентом производства стали в ЭДП в США по сравнению с Германией. Следовательно, в этом

факторном анализе увеличение интенсивности CO<sub>2</sub> в результате увеличения коэффициента выбросов CO<sub>2</sub> от электрической сети меньше для Германии и больше для США. С другой стороны, факторный анализ 2б показывает, что, когда коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от электросети США используется для расчёта интенсивности CO<sub>2</sub> в других странах, общая интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> в сталелитейной промышленности Германии увеличилась на 1%, а в Китае снизилась на 4% по сравнению с их базовыми анализами. Это связано с тем, что коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от электрических сетей в Германии ниже, а в Китае выше, чем в США. Некоторые факторы неопределенности могут повлиять на результаты и их интерпретацию. Сюда входит расчёт вычета энергопотребления для ферросплавов из китайской статистики. Ферросплавы не входят в рамки этого исследования.

#### Анализ методологии расчетов выбросов CO<sub>2</sub> металлургического производства

Углеродный след – это масса парниковых газов, выделяющихся при производстве. В чёрной металлургии образуется два вида парниковых газов: диоксид углерода и метан. Кроме того, в отходящих газах агрегатов содержится значительное количество оксида углерода, процесс выделения которого показан ниже на **рисунке 4**. Метан и оксид углерода являются топливными вторичными энергетическими ресурсами (ВЭР), которые сгорают в других агрегатах, образуя диоксид углерода. Таким образом, принимаем, что единственный парниковый газ, образующийся в



**Рис. 3.** Сравнение интенсивности CO<sub>2</sub> для черной металлургии в Китае, Германии и США: результаты базового и четырехфакторного анализа.

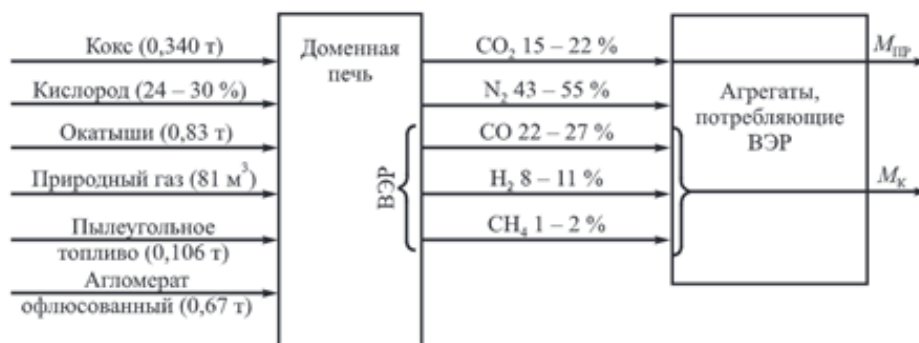


Рис. 4.

Образование прямой и косвенной эмиссии CO<sub>2</sub> при работе доменной печи. (Formation of direct and indirect CO<sub>2</sub> emissions at work of BF).

чёрной металлургии – диоксид углерода. Методики определения эмиссии диоксида углерода в металлургии ориентированы на определение этой эмиссии для каждого агрегата. Требуется оценка, сколько и в каких соотношениях сгорают в этих агрегатах различные виды углеродосодержащего топлива. Каждый агрегат, образующий вторичные энергетические ресурсы, характеризуется прямой и косвенной эмиссией диоксида углерода. Прямая эмиссия МПР определяется массой диоксида углерода, выделяющегося в этом агрегате. Эта эмиссия зависит от режима работы агрегата и может колебаться в широких пределах. Косвенная эмиссия диоксида углерода МК соответствует сжиганию оксида углерода и метана, выработанными этим агрегатом.

В соответствии с видением межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) существует три уровня расчёта выбросов CO<sub>2</sub> производства кокса. На практике выбор методики оценки выбросов зависит от специфики страны и региона и зависят от двух факторов. Во-первых, известны ли заводские

зуются статистические данные о потреблении и производстве технологических материалов (коксуемого угля и т.д.).

- Третий метод расчета требует наличия конкретных данных о выбросах CO<sub>2</sub> похожего или конкретного производства.

#### Первый метод расчета

$$E_{CO_2} = \text{Coke} * EF_{CO_2}$$

Где:  $E_{CO_2}$  = выбросы CO<sub>2</sub> от производства кокса, тонны CO<sub>2</sub>

Coke = количество кокса, выпущенного в стране в тоннах

EF = коэффициент выбросов, тонны CO<sub>2</sub>/тону продукции кокса

В этом методе допускается о том, что все побочные продукты коксовой печи транспортируются с места производства и весь газ из камерных печей сжигается на месте.

#### Второй метод расчета

$$E_{CO_2, \text{энерг}} = \left[ CC * C_{cc} + \sum_a (PM_a * C_a) + BG * C_{BG} - CO * C_{CO} - COG * C_{COG} - \sum_b (COB_b * C_b) \right] * \frac{44}{12}$$

данные о выбросах или о деятельности? Если да, то выбросы рассчитываются с помощью заводских коэффициентов выбросов или данных о деятельности. Если нет, что дальнейший шаг зависит от наличия данных о производстве кокса внутри и вне предприятий. Далее выбросы рассчитываются на основании производства кокса с использованием данных об углеродном содержании материалов или допускается, что весь кокс произведен на локально.

- Первый метод расчета для оценки выбросов CO<sub>2</sub> учитывает выбросы от любого производства кокса. Коэффициенты выбросов по умолчанию умножают на локальное производство кокса.

- Второй метод расчета для оценки выбросов CO<sub>2</sub> учитывает отдельно производство кокса внутри и вне предприятия. В нём исполь-

Где

Где:  $E_{CO_2, \text{энерг}}$  = выбросы CO<sub>2</sub> от производства кокса на месте;

тонны CC = количество коксуемого угля, потребляемого при производстве кокса на месте;

тонны PM<sub>a</sub> = количество другого технологического материала а, отличного от материалов, учтенных отдельно в специальных членах, например природного газа и топливного масла, потребленного для производства кокса и агломерата на месте производства кокса, чугуна и стали, тонны BG = количество доменного газа, израсходованного в доменных печах, м<sup>3</sup>;

CO = количество кокса, произведенного на месте производства чугуна и стали;

тонны COG = количество газа из камерных печей, транспортированного с места производ-

ства,  $m^3 COB_b$  = количество побочного продукта  $b$  коксовой печи, перемещённого с места производства на другое предприятие;

тонны  $S_x$  = углеродное содержание материала загрузки или продукта  $x$ , тонны  $C/(единица для материала x)$  [например, тонны  $C/тонну$ ].

### Третий метод расчета

$$E_{CO_2, \text{энерг}} = \left[ CC * C_{CC} + \sum_a (PM_a * C_a) - NIC * C_{NIC} - COG * C_{COG} - \sum_b (COB_b * C_b) \right] * \frac{44}{12}$$

Где

$E_{CO_2, \text{энерг}}$  = выбросы  $CO_2$  от производства кокса на неинтегрированном предприятии;

тонны  $CC$  = количество коксующегося угля, израсходованного на неинтегрированном предприятии по производству кокса;

тонны  $PM_a$  = количество другого технологического материала  $a$ , отличного от коксующегося угля, например природного газа или топливного масла, израсходованного на неинтегрированное производство кокса в стране;

тонны  $NIC$  = количество кокса, выпущенного на неинтегрированных предприятиях по производству кокса, в стране;

тонны  $COG$  = количество газа из камерных печей, произведённого на неинтегрированных предприятиях страны и транспортированного на другие предприятия,  $m^3$  (или другие единицы, например тонны или ГДж);

$COB_b$  = количество побочного продукта  $b$  коксовой печи, произведённого на сторонних неинтегрированных предприятиях и перемещённого с места производства на другие предприятия;

тонны  $S_x$  = углеродное содержание материала загрузки или продукта  $x$ , тонны  $C/(единица для материала x)$  [например, тонны  $C/тонну$ ].

Отличие третьего метода в том, что используются данные конкретных производств. Производства могут сильно различаться по технологии и условиям. Если фактические измеренные выбросы  $CO_2$  для интегрированных и неинтегрированных предприятий по производству кокса известны, то эти данные можно суммировать и использовать напрямую для учёта локальных выбросов от производства доменного кокса по третьему методу. Общие национальные выбросы равны сумме выбросов всех предприятий. Если нет данных о заводских выбросах  $CO_2$ , то выбросы  $CO_2$  можно рассчитать на основании заводских данных о деятельности по второму методу. Общие выбросы  $CO_2$  в регионе равны сумме выбросов всех локальных предприятий.

### Неопределённости в методах расчетов выбросов $CO_2$

Принято считать, что коэффициенты выбросов по умолчанию для производства кокса и стали, используемые при расчётах в первом методе, имеют погрешность 25%. Погрешность значений углеродного содержания материалов для второго метода имеет оценивается в 10%. Предполагается, что неопределённость коэффициентов выбросов при расчетах по методу 3

составляет не более 5% при наличии производственных данных об углеродном содержании и массовом расходе. В **таблице 3** представлены диапазоны погрешности для коэффициентов выбросов, углеродного содержания и данных о деятельности. Для первого метода расчётов самой важной информацией о деятельности являются данные о производстве стали по каждому конкретному способу. Можно предполагать, что данные национальных статистик будут иметь неопределённость  $\pm 10\%$ . Для второго метода расчётов погрешность для общего количества восстановителя и технологического материала для производства чугуна и стали принимается в пределах 10 %. Для третьего метода расчетов необходимо знать заводские данные о количестве восстановителя и технологических материалов (около 5%). Считается, что данные о фактических выбросах для также имеют неопределённость  $\pm 5\%$ . Погрешности третьего метода расчетов может быть снижена при анализе фактических данных конкретного производства.

### Обзор перспективных решений по выбросам $CO_2$ в металлургической индустрии по ключевым странам производителям

Сталь производится по двум основным технологическим цепочкам:

- Процесс восстановления железорудного сырья в доменной печи (BF) с последующим выжиганием углерода из чугуна в кислородно-конвертерном процессе (BOF),

- Переплавка металлолома в электродуговой печи (EAF), либо с использованием железа прямого восстановления (DRI).

Наибольшая часть выбросов углерода происходит в процессе восстановления железа, где происходит химическая реакция между оксидом углерода, углеродом и оксидами железа. При этом в конечном итоге практически весь входящий в технологическую цепочку углерод переводится в  $CO_2$  и лишь малая доля остаётся в готовой металлопродукции.

Большая часть заходящего в производственную схему металлургического предприятия пол-



ного цикла углерода так или иначе переходит в CO<sub>2</sub>. Сравнивая схемы производства, стали в доменной и электродуговой печи (BOF и EAF) – вторая схема более выигрышна по причине меньшего потребления ресурсов и пониженных удельных выбросов. Очевидно, что использование вторичного метал сырья дает меньшую нагрузку на окружающую среду.

Выделяется два основных направления по снижению выбросов углерода при производстве стали: а) увеличение доли электрометаллургии, б) понижение углеродоёмкости цепочки доменных печей BF-BOF.

Электрометаллургия более привлекательна по причине лучшей управляемости по сравнению с непрерывно действующим доменным и коксохимическим производствами. Однако для электрометаллургии требуются значительные капитальные вложения в перевооружение существующих производственных цепочек. Важнейшим ограничивающим фактором электрометаллургии является отсутствие достаточного количества вторичного метал сырья требуемого качества. Качество оборотного лома имеет естественную тенденцию к ухудшению за счет накопления примесных элементов, таких как Cu, Ni, As, Pb, Sn, Sb, Mo и Cr. переработка вторичного метал сырья требует применения качественных схем его сбора и сортировки.

Вторичные ресурсы в производственном цикле являются серьезным преимуществом. Максимальное вовлечение вторсырья в производственные процессы с целью экономии ресурсов и снижения нагрузки на окружающую среду – это тренд экономик мира.

Для производства стали приемлемого качества потребуются использование более чистого исходного сырья – прямовосстановленного железа (ПЖ). При этом следует учитывать доступность этого материала на рынке. ПЖ относительно редкий компонент подготовленного к переплавке лома.

Начало промышленного производства железа прямого восстановления относится к 1969 году, когда были установлены первые модули по производству ПЖ на территории США. Тогда к основным преимуществам альтернативной металлургии относили:

- отсутствие необходимости в производстве доменного кокса;
- более низкие капитальные затраты на строительство установок по производству прямовосстановленного железа;
- возможность создания более мобильных в части операционных затрат связей «модуль ПЖ – ДСП-печь».

Существуют барьеры, не позволяющие установкам прямого восстановления железа вытеснить традиционный способ производства стали:

- Низкая удельная производительность модулей ПЖ;
- Необходимость в более качественном исходном железосодержащем сырье;
- Наличие достаточных запасов дешевых источников для получения газообразных восстановителей (природный газ, уголь).

С учётом указанных ограничений процессов производства наибольшую распространенность альтернативные способы металлургии получили в странах, с одной стороны, обладающих достаточными запасами природного газа, угля и железной руды, с другой – не имеющих развитой классической металлургии. В настоящее время лидерство по производству ПЖ продолжают удерживать Индия, Иран, Россия, Мексика, Саудовская Аравия.

Использование горячебрикетированного железа (ГБЖ) в доменном производстве. Проведённые промышленные испытания технологии использования ПЖ в доменных печах показывают, что при использовании 100 кг ГБЖ в доменной печи расход углерода в виде кокса снижается на 34 кг/т чугуна. Снижение удельного расхо-

**Таблица 3.**  
Погрешности при методах расчетов выбросов CO<sub>2</sub> металлургического производства.

Метод	Источник данных	Погрешность
Первый метод расчета	Коэффициенты выбросов по умолчанию	25%
	Национальные данные о производстве	10%
Второй метод расчета	Углеродное содержание по умолчанию для конкретного материала	10%
	Национальные данные о восстановителях и технологических материалах	10%
Третий метод расчета	Данные, о технологических материалах, полученные от компаний	5%
	Данные измерений CO <sub>2</sub> от конкретных компаний	5%
	Коэффициенты выбросов для конкретных компаний	5%

да кокса сопровождается сокращением выхода колошникового газа и снижения содержания CO<sub>2</sub> в нём. Как показывают эксперименты проведенные американской компанией Voestalpine, производительность доменной печи при этом увеличивается на 6%.

Ограничивающим фактором использования ПЖ в доменном производстве является экономический – в силу более высокой стоимости ГБЖ относительно железорудного сырья. В настоящее время экономически эффективное применение ГБЖ возможно во внутрикорпоративном сегменте, когда его производитель находится в одном интегрированном холдинге с производителем чугуна. Но с введением «углеродных пошлин» на сталь использование горячебрикетированного железа в доменных печах может стать более распространённым и экономически выгодным элементом с учётом его более низкой «углеродной нагрузки» на окружающую среду.

Также одним из основных преимуществ применения ГБЖ является то, что это может быть реализовано без дополнительных капитальных затрат.

Вдувание коксового и доменного газов в доменные печи давно рассматривались в качестве технологического средства снижения удельного расхода кокса. Первые промышленные опыты проводились в 1960-х годах во Франции и Японии.

Для эффективного вдувания доменного газа необходимо максимально возможное снижение содержания CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. Коксовый газ в этом отношении гораздо более технологичен – содержание CO<sub>2</sub> в нём составляет около 3%. Коксовый газ для комбината полного цикла может стать одним из значимых факторов снижения «углеродного следа». Например, в Европе компания ArcelorMittal анонсировала технологию вдувания коксового газа на своём комбинате в Испании. А компании Dillinger и Saarlouis на своём комбинате Rogesa строят завод по конверсии коксового газа для вдувания в доменные печи. В будущем установка позволит использовать во-

дород, полученный по «зелёным» технологиям. По разным оценкам вдувание 100 м<sup>3</sup> коксового газа на тонну чугуна позволит снизить потребление углерода кокса на 35 кг/т чугуна.

Улучшение качества железорудной исходной смеси для доменной печи является фактором, снижающим удельное потребление кокса. Принято считать, что увеличение содержания железа в доменной шихте на 1% ведёт к сокращению удельного расхода кокса также на 1%.

Улучшение качества кокса. Удельный расход кокса в доменном производстве, прежде всего, зависит от качества самого доменного кокса. Улучшение показателей холодной и горячей прочности, зольности могут в значительной степени сократить потребление кокса в доменном производстве.

Обессеривание чугуна за пределами доменной печи. Технологический парадокс борьбы с серой в доменной печи заключается в том, что для снижения содержания серы в чугуне приходится увеличивать расход кокса. При этом, основным поставщиком серы в доменной исходной смеси является сам кокс – он обеспечивает от 75% до 90% от общего поступления серы в доменную печь. Таким образом снижение каждой следующей тысячной доли содержания серы в чугуне обходится гораздо дороже.

Перспективны внешние установки десульфурации, использующие различные обессеривающие агенты. Ещё одним эффектом переноса процесса обессеривания чугуна из доменной печи в установку десульфурации чугуна будет снижение избыточного офлюсования агломерата и снижение потребления флюсов, которые также являются источниками выбросов CO<sub>2</sub>.

Ещё одним потенциальным сегментом улучшения углеродного баланса металлургического предприятия является использование возможностей по сохранению и использованию энергии отходящих газов. Сокращение вредных прососов в агломерационном производстве, исключение

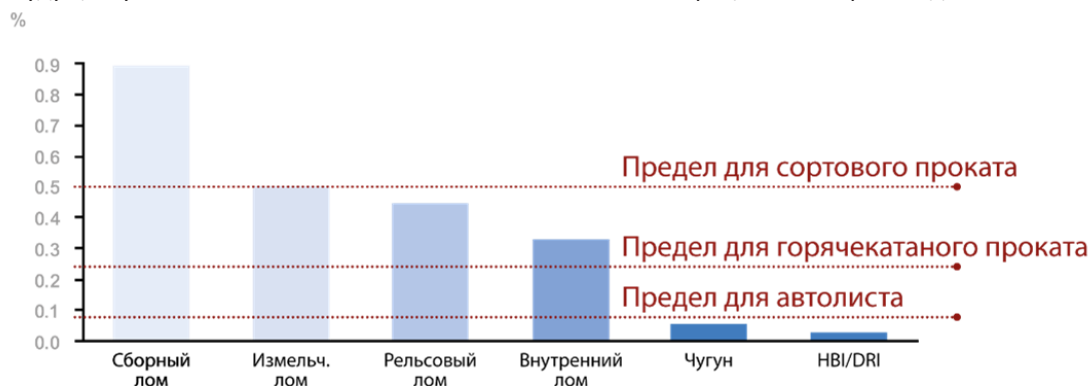


Рис. 5. Содержание примесных элементов в различных видах метал сырьё.

потерь тепла в процессе обжига исходной смеси, утилизация отходящих газов конвертерного производства, использование газгольдеров для сбора и гомогенизации состава отходящих технологических газов – эти и многие другие способы сокращения энергетических потерь могут сделать металлургическое предприятие производителем электроэнергии и тепловой энергии, а не источником химического и теплового загрязнения окружающей среды.

Применение перечисленных практик может позволить сократить удельные выбросы углерода на 16% или на 84 кг на тонну стали.

Следует учитывать, что снижение расхода кокса будет сопровождаться сокращением выработки доменного газа, который на многих предприятиях используется в различных производствах – от агломерационного до прокатного – в качестве топливного компонента. Такое сокращение одного из основных топливных компонентов может сказаться на энергетическом балансе действующего предприятия и это необходимо учитывать при рассмотрении «зелёных» проектов.

Повышение энергоэффективности и сокращения выбросов парниковых газов металлургического производства связано с совершенствованием технологической структуры предприятия. Значительное сокращение выбросов

парниковых газов и, в целом, энергоемкости продукции возможно при внедрении технологий внедоменного получения железа. С точки зрения декарбонизации эта технология более эффективна по сравнению с агломерационным производством или выплавкой конвертерной стали для процессов жидкофазного восстановления и твердофазного восстановления. В исследовании были выявлены следующие закономерности:

- Выбросы в процессах жидкофазного восстановления значительно выше выбросов при производстве доменного чугуна и энергоемкости доменного чугуна;
- Процессы жидкофазного восстановления обладают высоким потенциалом образования вторичных энергоресурсов, утилизация которых компенсирует часть возникающих выбросов;
- Выбросы парниковых газов при производстве железа в твердофазных процессах, существенно ниже по сравнению с доменным чугуном;
- Энергоемкость электростали, выплавленной с использованием железа твердофазных процессов сопоставима с конвертерной сталью при высокой доле утилизации вторичных энергоресурсов доменного передела.
- Одновременное применение кислородных конвертеров с электродуговыми печами позволяет снизить эмиссию диоксида углерода до 20 %. **XXI**

#### Литература

1. Akbostancı, E., Tunç, G. İ., & Türüt-Aşık, S. (2011). CO<sub>2</sub> emissions of Turkish manufacturing industry: a decomposition analysis. *Applied Energy*, 88(6), 2273-2278.
2. Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.
3. Elmarakbi, A. (2013). Advanced composite materials for automotive applications: Structural integrity and crashworthiness. John Wiley & Sons.
4. Hasanbeigi, A., Arens, M., Cardenas, J. C. R., Price, L., & Triolo, R. (2016). Comparison of carbon dioxide emissions intensity of steel production in China, Germany, Mexico, and the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, 113, 127-139.
5. Katashov A., Ovchinnikov K., Maliavko E., Tatarinov D., Ogienko V. (2021). Digital platform as a tool for efficient reservoir management. *First Break*. T. 39. № 7. С. 57-61
6. Ryan, N. A., Miller, S. A., Skerlos, S. J., & Cooper, D. R. (2020). Reducing CO<sub>2</sub> emissions from US steel consumption by 70% by 2050. *Environmental Science & Technology*, 54(22), 14598-14608.
7. Zhao, Y., Zuo, H., She, X., Wang, G., & Wang, J. (2018). Key factors of CO<sub>2</sub> emission analysis in iron and steel mill.
8. Овчинников К. (2022). Экономика проектов геологического захоронения CO<sub>2</sub> с целью повышения нефтеотдачи, Нефтегазовая вертикаль, №6
9. Овчинников К.Н. (2019). Задачи разработки месторождений и бурения, решаемые с помощью технологии маркерной диагностики профилей притоков скважин. *Нефть. Газ. Новации*. № 2. С. 71-77
10. Овчинников К.Н. (2022). Перспективные технологии для улавливания, мониторинга и предотвращения утечек CO<sub>2</sub> из геологических хранилищ, Нефтегазовая Вертикаль. № 7-8. с. 48-58.
11. Овчинников К.Н. (2022). Карбоновый след мировой цементной промышленности. факторы влияния, тренды и потенциал по снижению недропользование XXI век. № 4 (96). с. 127-137.

UDC 620.9, 550.9, 669

K.N. Ovchinnikov, PhD, Associate Professor, Head of CCUS discipline Ufa State University, kirill.ovchinnikov@energycc.org

## THE CARBON FOOTPRINT OF THE METALLURGICAL INDUSTRY AND AN OVERVIEW OF SOLUTIONS FOR ITS DECARBONIZATION IN CHINA, THE USA AND GERMANY

**Abstract:** This article offers an analysis of technologies to reduce greenhouse gas emissions from key major steel producing countries – the United States, China and Germany. Particular attention is paid to the analysis of reducing greenhouse gas emissions in ferrous metallurgy by switching from a blast-furnace converter to an electric steelmaking process using direct reduced iron.

**Keywords:** decarbonization, carbon footprint, CO<sub>2</sub> emissions reduction, CO<sub>2</sub> storage, low carbon energy.



**Белоусова А.П.**

Доктор географических наук, профессор,  
главный научный сотрудник Института  
водных проблем Российской академии наук  
ФГБУН Институт водных проблем РАН  
anabel@iwp.ru

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА НАТУРНОГО ПОДОБИЯ В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗАХ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТАХ

*В статье рассмотрены теоретические основы метода натурального подобия и возможности его использования при гидромелиоративных исследованиях и прогнозах. Задачами гидромелиоративного прогноза на водно-балансовых участках являлись: предварительная оценка подъёма уровня грунтовых вод под влиянием проектируемого орошения; оценка изменения засоления пород зоны аэрации в процессе орошения; оценка изменения химического состава и минерализации грунтовых вод. Прогнозы были выполнены на Право-Егорлыкской оросительной системе (ПЕООС) – объекте с использованием данных детальных исследований на территории Большого Ставропольского канала (БСК-4) – натурной модели. Рассмотрен подход к выбору участков –аналогов на слабо изученной ПЕООС – объекте для переноса на них результатов научных исследований с хорошо изученных водно-балансовых участков – моделей (Елизаветинского и Совруновского) на территории БСК-4. Для выбора участка-аналога Елизаветинскому водно-балансовому участку-объекту на территории ПЕООС было проанализировано 9 участков, отобран только один, для выбора аналога Совруновскому рассматривалось четыре участка, аналог не найден.*

**Ключевые слова:** натурное подобие и размерности, натурная модель, объект, аналог, критерии подобия, грунтовые воды, засоление, зона аэрации, гидромелиоративный прогноз.

Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0001 Государственного задания ИВП РАН



Современные и прогнозируемые метеорологические условия, характеризующиеся потеплением климата, что ведёт к иссушению значительных территорий на юге нашей страны, будут способствовать более широкому развитию на этих территориях мелиоративных мероприятий. Гидрогеолого-мелиоративные процессы имеют сложный характер и при прогнозировании их возникают трудности, преодолеть которые можно с использованием метода натурального подобия (метода природных аналогов).

### Теоретические основы метода

#### Основные понятия

Явления будут абсолютно подобны друг другу, если существует полное соответствие всех геометрических размеров рассматриваемых систем и всех изменяющихся во времени и пространстве величин (Веников, 1966). Абсолютное подобие в природе практически не встречается. С другой стороны явления можно назвать подобными, если характеристики одного из них могут быть получены пересчётом характеристик другого явления с помощью отношений, аналогично переходу от одной системы единиц измерения к другой (Гиляров, 1983; Гухман, 1979).

Выделяются следующие виды подобия по степени приближения к абсолютному:

**полное подобие** – подобие процессов, протекающих во времени и пространстве;

**неполное подобие** – подобие протекания процессов только во времени или только в пространстве;

**приближённое подобие** связано с упрощающими допущениями, которые могут быть оценены заранее на основе аналитических или экспериментальных исследований.

По степени приближения к физической природе подобных явлений выделяются:

**физические подобия** – при одинаковой физической природе подобных явлений;

**математические подобия** – разнородные физические явления описываются одинаковыми уравнениями.

На гидрогеолого-мелиоративных системах практически невозможно добиться геометрического подобия (подобие линейных размеров – частный случай физического подобия). Подобие гидрогеолого-мелиоративных процессов представляет собой частный случай приближённого подобия (Ходжибаев, 1976).

Но специальное положение теории подобия позволяет определить подобие гидрогеолого-мелиоративных процессов на геометрически неподобных объектах: «процессы, протекающие в системах геометрически неподобных, но подобных аффинно (неявно геометрически), или име-

ющих любое нелинейное подобие, могут быть физически подобны, имея в сходственных точках пространства подобные изменения параметров процесса» (Веников, 1966).

Прежде чем устанавливать подобие явлений, необходимо дать понятия модели и аналога.

Понятие модель в мелиоративной гидрогеологии употребляется реже, чем понятие аналог. Аналогом, по Л. Б. Розовскому (Розовский, 1969), будем называть базу для аналогии, материальную или мысленную категорию, между свойствами которой и свойствами объекта существует сходство или подобие некоторой части свойств; модель – это лишь усовершенствованный аналог, у которого сходство свойств дополняется их пропорциональными изменениями. Все свойства и функции аналогов одновременно являются и функциями моделей. Аналог связан со своим объектом только качественным сходством некоторых существенных характеристик. В модели это сходство дополняется приближенно пропорциональным изменением существенных характеристик и свойств. Следовательно, модель – усовершенствованный аналог.

Природные аналоги (натурные модели) – природные комплексы, особенности которых должны быть хорошо изучены и для того, чтобы можно было установить их подобие с другими природными объектами. В качестве природных аналогов в мелиоративной гидрогеологии могут быть взяты оросительные системы, массивы для прогноза изменения гидрогеолого-мелиоративных условий. Главным признаком природных аналогов является то, что они связаны с соответствующими объектами коэффициентами пропорциональности, близкими к единице.

Ввиду того, что гидрогеолого-мелиоративное подобие является приблизительным, то полная адекватность каждого из множества протекающих в системе процессов необязательна. Таким образом, для доказательства подобия гидрогеолого-мелиоративных процессов нет необходимости поиска в натуре аналогов с подобным изменением каждой переменной. Достаточно, чтобы обеспечивалось подобие комплексов через масштабные коэффициенты.

Помимо количественных признаков установления подобия объектов, существует и качественное. Такой вид моделирования Л. Б. Розовский (Розовский, 1969) называет атрибутивным, так как в этом случае сравниваются атрибуты (свойства) двух явлений, выраженные словами, а не мерой и числом.

#### Способы распознавания подобия натурной модели и объекта прогноза

Для доказательства подобия сравниваемых объектов служат три универсальных теоремы

физического подобия. Первая и вторая основывается на предложении о явлениях, подобие которых заранее известны и устанавливают соотношение между параметрами заведомо подобных явлений. Третья теорема устанавливает способ определения наличия подобия.

#### **Первая теорема подобия.**

У явлений, подобных в том или ином смысле (физически, математически, кибернетически и т.д.), можно найти определённые сочетания параметров, называемые критериями подобия, имеющие одинаковые значения (Веников, 1966; Седов, 1951).

Критерий подобия – это важный элемент в теории подобия – это показатель взаимодействия существенных сторон явлений, которое сохраняется неизменным у подобных явлений (Розовский, 1969).

Выход первой теоремы подобия к гидрогеолого-мелиоративному подобию заключается в сходстве критериев подобия.

**Вторая теорема** подобия имеет название π-теоремы, гласит: «всякое полное уравнение физического процесса, записанное в определённой системе единиц, может быть представлено в виде зависимости между критериями подобия (Π), т.е. безразмерных соотношений, составленных из входящих в уравнение параметров» (Веников, 1966; Седов, 1951).

$$A=F(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n)$$

– критериальное уравнение (1)

Применительно к геологическим процессам вторая теорема формулируется: подобные геологические явления, процессы, образования характеризуются качественными оценками или уравнениями, в которые входят критерии геологического подобия (Розовский, 1969).

Третья теорема подобия: необходимыми и достаточными условиями для создания подобия являются пропорциональность сходственных параметров и равенство критериев подобия изучаемого явления (Веников, 1966; Седов, 1951).

Третья теорема позволяет распознать подобие явлений и процессов. Подобные процессы (геологические) должны происходить в геометрически подобных системах, описываться одними и теми же уравнениями связи, в которых условия однозначности находятся в численно постоянном отношении, а критерии подобия равны.

Под условиями однозначности понимают комплекс условий, удовлетворение которого делает возможным выделение из целого класса явлений какого-либо единичного явления (Гавич, 1980; Розовский, 1969).

Для подобия геологических процессов по Л.Б. Розовскому (Розовский, 1969) необходимо и достаточно, чтобы они были «качественно одинаковы», характеризовались одними и теми же критериями подобия и имели бы общие условия однозначности.

#### **Примеры обоснования критериев подобия**

Для гидрогеолого-мелиоративного подобия наиболее существенно сравнивать не конкретные характеристики свойств, выраженные в имеющихся числах, а их отношения – безразмерные критерии подобия (Белоусова, Гавич, 1985; Белоусова, 2001).

В теории подобия разработан математический аппарат, позволяющий выявить критерии подобия:

1. Представленные явления в форме дифференциального или интегрально-дифференциального уравнения.

2. Анализ размерностей величин и учёт условий однозначности.

В первом случае вывод критериев подобия выполняется путём анализа дифференциальных уравнений, преобразованных в безразмерный вид.

Хотя первый способ является и более надёжным для вывода критериев подобия, но в нашем случае определение всех параметров, входящих в уравнение для модели невозможно, т.к. в качестве модели выбран объект (оросительная система), на котором не проводились специальные работы по определению гидрохимических параметров (эффективной пористости и коэффициента микродисперсии и др.).

Поэтому для выявления критериев подобия наиболее удобен для нас второй способ – анализ размерностей.

Сочетание физического анализа с теорией размерности всегда приводит к успешным результатам, и получило широкое развитие в различных отраслях техники (Леви, 1960 и др.).

Из теории размерностей вытекает, что процесс количественно изучен, если определяющие его факторы представлены числами. Каждый фактор имеет своё численное измерение. Единицы измерения подразделяются на основные (первичные) и производные (вторичные).

Выражение производной единицы измерения через основные единицы измерения называются размерностью (Седов, 1951). В практике гидрогеологических работ основными являются: длина – L, масса – M, время – T. Производные величины записываются в виде комбинации основных величин, например, размерность концентрации будет

$$\frac{M}{L^3} = M L^{-3}$$



## Применение метода натурального подобия и размерностей для прогноза гидромелиоративных процессов

### *Последовательность прогнозных расчётов*

Рассмотрим на конкретном примере использование названного метода для решения прогнозных задач на водно-балансовых участках.

Основным содержанием метода натурального подобия в гидролого-мелиоративном прогнозировании является перенос результатов исследования процесса с натурального модельного аналога (хорошо изученного водно-балансового участка) на объект прогноза.

Ход прогнозных построений, основные принципы которого разработаны в работах (Белюсова, Гавич, 1985; Белоусова, 2001; Гавич, 1980; Ходжибаева и др., 1976), состоит в следующем:

1. Формулировка задач прогноза применительно к изучаемому объекту.
2. Анализ имеющихся по району материалов и выбор возможной натурной модели для изучаемого объекта.
3. Выявление главных факторов, формирующих исследуемые процессы на объекте.
4. Выбор и обоснование общей математической модели изучаемых процессов в виде критериальных уравнений и критериев подобия.
5. Предварительная схематизация гидрогеологических условий на основе критериев подобия, установление меры подобия.
6. Выбор участков-аналогов (натурной модели) и участков-объектов для прогнозных расчётов.
7. Проведение прогноза на участке-объекте:
  - а) прогноз изменения глубины залегания грунтовых вод;
  - б) гидрохимический прогноз изменения засоления пород зоны аэрации;
  - в) гидрохимический прогноз в грунтовых водах.
8. Обсуждение результатов прогноза и рекомендации по его проведению. Рассмотрим ход прогноза на территории Восточного Предкавказья. Анализ материалов по району исследований выполнялся в две стадии:

- а) предварительный выбор возможной модели,
- б) обоснование подобия выбранной модели объекту исследований по критериям подобия.

Предварительный выбор моделей проводился для территории четвёртой очереди Большого Ставропольского канала (СБСК-4). В качестве натуральных моделей были выбраны два водно-балансовых участка (аналога), один из которых – Совруновский расположен на засоленных землях, другой – Елизаветинский расположен на незасоленных и слабозасоленных землях. Используя предварительные сведения о сходстве геолого- гидрогеологических условий

в качестве возможной модели (объекта) была предложена территория первой и шестой очереди Право-Егорлыкской оросительно-обводнительной системы (ПЕОС).

Обоснование подобия выбранной натурной модели и объекта очень сложная задача, требующая полноты информации о геолого-гидрогеологических условиях на модели до орошения и о протекании изучаемых процессов в период орошения.

Для доказательства подобия необходимо располагать следующими сведениями: а) геологическое строение модели и объекта; б) условиями геолого-гидрогеологического формирования территорий; в) климатическими особенностями (характеристика осадков, температур, дефицита влажности, испарения, эффективных осадков, формирующие инфильтрационное питание грунтовых вод); г) гидрогеологическими условиями (глубина залегания, мощность и распространение водоносных горизонтов, условия питания и разгрузки, фильтрационные свойства, наличие водопоров и т.д.); д) гидрохимические условия (степень и тип засоления пород зоны аэрации, минерализация и химический состав грунтовых вод). Приведённый перечень не является полным, т.к. в каждом пункте объём информации может быть расширен в зависимости от решаемых задач.

Детальные исследования изучаемых районов приведены в (Белоусова, 2001) и зафиксировали, что, схематическая сопоставительная характеристика показала, что региональные объекты и общие модели по критериям атрибутного характера имеют сходственное строение, а значения критериев-симплексов, близкие к единице, подтвердили приближённое подобие объектов и их натуральных моделей.

### *Выявление главных факторов, формирующих исследуемые процессы на объекте*

В процессе орошения в зависимости от проектируемых севооборотов на объекте исследований будут подаваться оросительные воды, норма которых ( $W_n$ ) устанавливается также в зависимости от метеорологических условий, т.е. с учётом величин среднегодовых атмосферных осадков ( $O$ ) и испарения. Тогда интенсивность водоподачи при орошении будет определяться следующим образом (Белоусова, 2001):

$$W = W_n + O \quad (2)$$

За счёт подачи оросительных вод в процессе орошения произойдёт подъём уровня грунтовых вод. Подъём уровня от начальной ( $h_n$ ) отметки (в ненарушенных условиях) завершится при достижении глубины стабилизации. Глубина стабилизации ( $h_{cm}$ ) – это глубина, которая регулируется испарением с уровня грунтовых вод,

является почти постоянной (на ней будут сказываться только сезонные колебания). Регулироваться этот процесс за счёт оттока и сработки инфильтрационного бугра будет степенью естественной дренированности территории ( $De$ ).

Чем больше начальная глубина залегания грунтовых вод, тем больше потребуется времени ( $t$ ) для достижения глубины стабилизации при заданной оросительной норме.

Интенсивность вторичного засоления пород зоны аэрации будет зависеть от начального их засоления ( $CH$ ) и интенсивности солеобмена в системе порода-вода ( $\bar{a}$ ).

Изменение минерализации грунтовых вод будет зависеть от начальной их минерализации ( $M_n$ ) и интенсивности солеобмена в системе порода-вода ( $\bar{a}$ ).

Итак, главными факторами, формирующими процессы в зоне аэрации и грунтовых водах под влиянием орошения, являются (Белоусова, 2001):

- а) интенсивность водоподдачи ( $W$ );
- б) начальная глубина залегания грунтовых вод ( $hH$ );
- в) глубина стабилизации грунтовых вод (или глубина, на которой произойдёт стабилизация водного режима в зоне аэрации) –  $h_{cm}$ ;
- г) степень естественной дренированности ( $De$ );
- д) время орошения ( $t$ );
- е) начальное засоление пород зоны аэрации ( $CH$ );
- ж) интенсивность солеобмена ( $\bar{a}$ );
- з) начальная минерализация грунтовых вод ( $M_n$ ).

### Выбор и обоснование общей математической модели изучаемых процессов в виде критериальных уравнений и критериев подобия

Для решения первой задачи прогноза (*прогноз изменения уровня грунтовых вод*) определяющими факторами будут (Белоусова, 2001): начальная глубина УГВ – ( $hH$ ), естественная дренированность ( $De$ ) и интенсивность водоподдачи ( $W$ ).

При решении этой задачи будем рассуждать следующим образом: на модели (участке) мы не знаем начального (фиксированного) уровня грунтовых вод, но располагаем сведениями об интенсивности его подъёма в единицу времени и знаем глубину стабилизации водного режима, выше которой на модели не происходит подъём уровня. Тогда решение первой задачи сведётся к определению времени, за которое произойдёт поднятие уровня грунтовых вод от исходного (начального) до глубины стабилизации.

Примем, что подъём уровня грунтовых вод – это заполнение свободной ёмкости породы ( $H_0$ ) в объёме призмы с размерами: площадь поперечного сечения  $F=1\text{м}^2$ , длина ребра  $hH=$  грунтовых вод. Этот подъём будет обеспечиваться за счёт

питания грунтовых вод ( $W$ ) в процессе орошения (питание пропорционально водоподдаче на орошение). Регулироваться этот процесс будет степенью естественной дренированности территории ( $De$ ).

Теперь составим определительное уравнение и каждому фактору присвоим свой индекс (степень):

$$t = f(H_0^x, W^y, De^z) \quad (3)$$

Запишем размерность каждого фактора (4)

$$H_0 = \mu h_H F = \mu \Delta V t F = [L]^3$$

где  $\mu$  – недостаток насыщения,  $hH$  – начальная глубина залегания грунтовых вод,  $\Delta V$  – интенсивность подъёма уровня в единицу времени,  $t$  – время подъёма (орошения);  $F$  – площадь ( $1\text{ м}^2$ ),

$W = W_{eg} F = [L]^3 [T]^{-1}$  – интенсивность питания грунтовых вод;

$$De = I k m_{cp} = I k \frac{\Delta V t}{2} = [L]^2 [T]^{-1} \quad (5)$$

где  $m_{cp} = m_H + \frac{h_H - h_K}{2}$  или  $m_{cp}$  берём вместо  $\frac{\Delta V t}{2}$

(начальную глубину не знаем на модели, а знаем прирост уровня).  $I$  – уклон грунтового потока,  $K$  – коэффициент фильтрации,  $m_{cp}$  – определяется как сумма исходной мощности потока  $mH$  и средней величины итогового подъёма грунтовых вод.

Запишем уравнение размерности: (6)

$$T = L^{3x}, L^{3y}, T^{-y}, L^{2z}, T^{-z}$$

Решим это уравнение относительно каждой основной единицы ( $T$  и  $L$ ) получим систему: (7)

$$\begin{cases} 1 = -y - z \\ 0 = 3x + 3y + 2z \end{cases}$$

Решим систему 7 и определим корни (значения):

$$\begin{aligned} y &= -1 - z; & 0 &= 3x - 3 - 3z + 2z = 3x - z - 3 \\ 3x &= z + 3; & x &= \frac{z+3}{3} \end{aligned}$$

Найденные корни подставим к соответствующим определяющим факторам, т.е. если  $H_0$  имеет степень  $x$ , то ставим значение  $x$ , найденное из решения (7), получим: (8)

$$t = f\left(H^{\frac{z+3}{3}}, W^{-1-z}, De^z\right)$$

Сгруппируем определяющие факторы по одинаковым степеням и запишем критериальное уравнение, определяющее время подъёма уровня грунтовых вод: (9)

$$t = f \left( \sqrt[3]{H_0} \frac{De^z}{W^z} \right) = f \left( \frac{H_0}{W} \left( \frac{De^z \sqrt[3]{H_0}}{W^z} \right) \right)$$

где  $\frac{H_0}{W} = a$  – масштабный коэффициент,  
 $\frac{De \sqrt[3]{H_0}}{W}$  – критерий подобия, суть которого в том, что время орошения подъёма уровня до стабилизированного пропорционально  $H_0$  и  $De$  обратно пропорционально водоподаче (питания) тогда уравнение (9) запишем следующим образом: (10)

$$t = a f(\Pi)$$

Проведём согласно π-теоремы проверку решения: количество критериев подобия должно быть равно разнице между количеством определяющих факторов и числом основных единиц измерения, а, следовательно,  $3-2=1$ , это значит, что критериальное уравнение не противоречит второй теореме подобия.

#### Прогноз изменения засоления пород зоны аэрации (Белоусова, 2001)

Для решения этой задачи прогноза определяющими факторами будут:

1- $\bar{v}$  – интенсивность промачивания, где  $W$  –  $\bar{v} = \frac{W\mu}{K} = |T|$  норма полива плюс атмосферные осадки – интенсивность водоподачи (в метрах слоя),  $K$  – коэффициент фильтрации (м/сут),  $\mu$  – недостаток насыщения.

2- $\mu$  – интенсивность солепереноса,  $\bar{\alpha} = \frac{C_H}{C_n} = |T|^{-1}$  где  $\alpha$  – коэффициент массообмена

(сут<sup>-1</sup>), в нашем случае взят коэффициент массообмена, определённый по экспериментальным данным, а когда таких характеристик нет, можно взять любую закономерность, описывающую солеобмен в породах, обычно такие характеристики получают по результатам исследований почвоведов;  $C_H$  и  $C_n$  – начальная концентрация солей в породах зоны аэрации и концентрация (минерализация) поливной воды (г/л).

3- $C_H$  – начальная концентрация солей в породах зоны аэрации (г/л) –  $|M| |L|^{-3}$ ;

4- $h_H$  – глубина залегания грунтовых вод (м) –  $|L|$

5- $t$  – время орошения (сут) –  $|T|$

Запишем определённое уравнение, присвоим каждому фактору свой индекс-степень: (11)

$$\Delta C = f(\bar{v}^x, \bar{\alpha}^y, C_H^z, h_H^\gamma, t^\beta)$$

где  $\Delta C$  – изменение концентрации солей в породах зоны аэрации за время ( $t$ ),  $\Delta C = |M| |L|^{-3}$ ;

Теперь запишем уравнение размерности: (12)

$$ML^{-3} = T^x, T^y, M^z L^{-3z}, L^\beta, T^\alpha, M^\gamma L^{-3\gamma};$$

$$\begin{cases} 1 = z + \gamma; \\ -3 = -3z + \beta - 3\gamma; \\ 0 = x - y + \alpha \end{cases}$$

Корни системы будут равны:  $z=1$ ;  $y=0$ ;  $\gamma=-\beta$ ; подставив корни в уравнение (11), получим критериальное уравнение, определяющее прирост засоления пород за время орошения: (13)

$$\begin{aligned} \Delta C &= f(\bar{v}^{x-\beta}, \bar{\alpha}^y, C_H^z, h_H^0, t^\beta) = \\ &= C_H (\bar{v} \bar{\alpha})^y \left( \frac{t}{\bar{v}} \right)^\beta = C_H f(\Pi_1; \Pi_2) \end{aligned}$$

$\Pi_1 = \bar{v} \bar{\alpha}$ ;  $\Pi_2 = \frac{t}{\bar{v}}$  критерии подобия, где  $C_H$  – масштабный коэффициент (а).

Проверим уравнение на соответствие π-теореме. Количество критериев должно быть равно  $5-3=2$ , что получено при решении. Суть первого критерия подобия отражает интенсивность солепереноса, второго – кратность периодов промачивания.

#### Прогноз изменения минерализации грунтовых вод (Белоусова, 2001)

1- $\bar{v}$  – интенсивность промачивания – (сут) –  $|T|$ ;

2- $\bar{\alpha}$  – интенсивность солепереноса – (сут<sup>-1</sup>) –  $|T|^{-1}$ ;

3- $M_H$  – начальная минерализация грунтовых вод – (г/л) –  $|M| |L|^{-3}$ ;

4- $h_H$  – глубина залегания грунтовых вод – (м) –  $|L|$ ;

5- $t$  – время орошения – (сут) –  $|T|$ ;

6- $\Delta C$  – изменение минерализации грунтовых вод за счёт выноса или привноса солей из пород зоны аэрации (г/л) –  $|M| |L|^{-3}$ ;

Запишем определительное уравнение: (14)

$$\Delta M = f(\bar{v}^x, \bar{\alpha}^y, M_H^z, h_H^\beta, t^\alpha, \Delta C^\gamma)$$

где  $\Delta M$  – изменение минерализации грунтовых вод за время  $t$  (г/л) –  $|M| |L|^{-3}$ ;

Запишем уравнение размерности: (15)

$$ML^{-3} = T^x, T^{-y}, M^z, L^{-3z}, L^\beta, T^\alpha$$

$$\begin{cases} 1 = z \\ -3 = -3z + \beta \\ 0 = x - y + \alpha \end{cases}$$

корни системы (15) будут равны:  $z=1$ ;  $\beta=0$ ;  $x=y-\alpha$ ; подставив корни в уравнение (14), получим критериальное уравнение, описывающее изменение минерализации грунтовых вод при орошении:



$$\Delta M = \bar{v}^{y-\alpha} \bar{\alpha}^y M_H^{1-y} t^\alpha \Delta C^y = M_H (\bar{v} \bar{\alpha})^y \left(\frac{t}{\bar{v}}\right)^2 \left(\frac{\Delta C}{M_H}\right)^y$$

$$= M_H f(\Pi_1; \Pi_2; \Pi_3) \quad (16)$$

$$\Pi_1 = (\bar{v} \bar{\alpha}); \quad \Pi_2 = \frac{t}{\bar{v}}; \quad \Pi_3 = \frac{\Delta C}{M_H}$$

– критерии подобия

$M_H$  – масштабный коэффициент (а)

Проверим уравнение (16) на соответствие  $\pi$ -теореме. Количество критериев подобия должно равняться  $6-3=3$ , что и получено. Первый критерий подобия отражает интенсивность солепереноса, второй – кратность периодов промачивания за время орошения, третий – интенсивность обмена солями между породами зоны аэрации и грунтовыми водами.

**Предварительная схематизация гидрогеологических условий на основе критериев подобия, установление меры подобия и выбор участков-аналогов и участков-объектов**

Получив критерии подобия прогнозируемых процессов, нужно на общих моделях и региональных объектах подобрать такие участки, на которых все параметры, входящие в критерии, были бы известны. Причём значения этих параметров должны быть близкими. Такой подбор и является предварительной схематизацией гидрогеологических условий объекта и модели.

Определив значения естественной дренированности ( $De$ ), свободной ёмкости пород ( $H_0 = F - h_n$ ), проектируемой интенсивности водоподдачи ( $W$ ), проектируемой интенсивности промачивания ( $\bar{v}$ ), интенсивности солепереноса ( $\bar{\alpha}$ ), начального засоления пород зоны аэрации ( $C_n$ ) и начальной минерализации грунтовых вод ( $M_n$ ) на участках регионального объекта, подбираем значения указанных параметров на участках общей модели так, чтобы критерии подобия, составленные из этих параметров (9; 13; 16), удовлетворяли мере подобия (Ходжибаев и др., 1976).

Мерой подобия может служить разница численных значений критериев: (17)

$$\Delta \bar{\Pi}_1 = \frac{\bar{\Pi}_1^M - \bar{\Pi}_1^0}{\bar{\Pi}_1^0}; \quad \Delta \bar{\Pi}_2 = \frac{\bar{\Pi}_2^M - \bar{\Pi}_2^0}{\bar{\Pi}_2^0}; \dots \Delta \bar{\Pi}_n = \frac{\bar{\Pi}_n^M - \bar{\Pi}_n^0}{\bar{\Pi}_n^0}$$

где  $M, 0$  – индексы модели и объекта,  $n$  – число критериев. Принимаем, что мерой ошибки подобия служит величина: (18)

$$\sigma = \frac{\sqrt{(\Delta \bar{\Pi}_1)^2 + (\Delta \bar{\Pi}_2)^2 + \dots + (\Delta \bar{\Pi}_n)^2}}{n}$$

Тогда при  $\sigma \leq 0,1$  – подобие абсолютное,

при  $\sigma \leq 0,1-0,25$  – приближённое,

при  $\sigma > 0,25$  – модель не соответствует объекту исследований.

На оросительных системах (ПЕООС) – общих моделях – выбираем участки-аналоги водно-балансовым участкам-объектам (Елизаветинскому и Совруновскому, расположенным на территории БСК-4) по характеристикам, входящим в критерии подобия. Для выбора участка-аналога Елизаветинскому водно-балансовому участку-объекту на территории ПЕООС было проанализировано 9 участков, для выбора аналога Совруновскому рассматривалось четыре участка. Предварительный выбор именно этих участков проводили на основе установления сходственности геологических и гидрогеологических условий. Определив все параметры, входящие в уравнение, определяющее время орошения, рассчитаем критерий подобия для всех. Прежде оговорим условия  $\Pi = \frac{De \sqrt[3]{H_0}}{W}$  определения естественной дренированности ( $De$ ). Согласно уравнения Дарси, имеем: (19)

$$De = I k m_{cp} = I k \left( m_H + \frac{h_H - h_{CT}}{2} \right) =$$

$$= I k m_{cp} + I k \left( \frac{h_H - h_{CT}}{2} \right)$$

Первый член уравнения отвечает дренированности в естественных, ненарушенных условиях, второй член уравнения показывает изменение дренированности под воздействием орошения при подъёме уровня грунтовых вод. При прогнозе изменения глубины залегания грунтовых вод в процессе орошения интерес будет представлять второй член уравнения, показывающий изменение дренированности в зависимости от изменения прогнозируемого процесса. Следовательно, дренированность в прогнозных расчётах будем определять по формуле:


$$De = I k \left( \frac{h_H - h_{CT}}{2} \right) \quad (20)$$

Рассчитав значения критерия подобия для всех участков общих моделей и участков-объектов, устанавливаем меру подобия по уравнению (18) и выбираем участок-аналог объекту исследований, мера подобия которых  $\sigma < 0,25$ .

В результате установлено, участком – аналогом для Елизаветинского участка-объекта (модели) является один участок, расположенный на территории ПЕООС. Мера ошибки подобия этих участков  $= 0,1$  соответствует приближённому подобию, описывающему процесс подъёма уровня грунтовых вод под влиянием орошения. Для Совруновского водно-балансового участка участок-аналог не найден.

## Выводы

При гидромелиоративных исследованиях в аридных районах перспективным является прогнозирование процессов орошения с использованием метода натурального подобия и размерностей. Это обусловлено тем, что на многих территориях (оросительных системах) проведены специальные гидрогеохимические исследования (достаточно затратные, объёмные) с определением параметров солепереноса и сделаны гидромелиоративные прогнозы (Белоусова, 2001, 2019, 2020 и др.) и результаты этих исследований могут быть перенесены на новые оросительные системы, путём поисков объектов – аналогов. Этот подход продемонстрирован в статье, как это было сде-

лано путём поисков на слабо изученной ПЕОСС объектов, участков – аналогов для переноса на них результатов научных исследований с хорошо изученных водно-балансовых участков – моделей (Елизаветинского и Совруновского) на территории БСК-4. Для выбора участка-аналога Елизаветинскому водно-балансовому участку-объекту на территории ПЕОСС было проанализировано 9 участков, отобран только один, для выбора аналога Совруновскому рассматривалось четыре участка, аналог не найден. Как видно из результатов решения прогнозных задач, метод натурального подобия достаточно точный, математически выверенный, что обусловлено локальностью возможного его применения. 

## Литература

1. Белоусова А.П. Использование параметров солепереноса в прогнозных решениях // Аридные экосистемы. 2020, Т 26, № 4 (85), С. 102 – 107. DOI:10.24411/1993-3916-2020-10124
2. Белоусова А.П. 2019. Экспериментальные исследования на оросительных системах // Аридные экосистемы. Т. 25, № 1 (78), С. 33-44. DOI:10.24411/1993-3916 – 2019 – 00042.
3. Белоусова А. П. 2001. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. М.: Наука, 339 с.
4. Белоусова А. П., Гавич И. К. 1985. Примеры гидрогеохимических прогнозов методом натурального подобия в области мелиорации // Моделирование гидрогеохимических процессов и научные основы гидрогеохимических прогнозов. М.: Наука. С. 131 - 142.
5. Веников В. А. 1966. Теория подобия и моделирования применительно к задачам электроэнергетики. М.: Высшая школа, 487 с.
6. Гавич И. К. 1980. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М.: Недра, 354 с.
7. Гиляров Н. П. 1973. Моделирование речных потоков. Л.: Гидрометеоиздат, 198 с.
8. Гухман А. А. 1979. Применение теории подобия к исследованию процессов тепломассообмена. М.: Высшая школа, 213 с.
9. Леви И. И. 1960. Моделирование гидравлических явлений. М.: Госэнергоиздат, 210 с.
10. Розовский Л. Б. 1969. Введение в теорию геологического подобия и моделирования. М.: Недра, 125 с.
11. Седов Л. И. 1951. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 193 с.
12. Ходжибаев Н. Н., Самойленко В. Г. 1976. Гидромелиоративные прогнозы. Ташкент: ФАН, 358 с.

UDC 504.43

**A.P. Belousova**, Doctor of Sciences, Professor, Chief Researcher of Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences  
 FGBUN Institute of Water Problems RAS, anabel@iwp.ru

## USE OF THE NATURAL SIMILARITY METHOD IN HYDROGEOLOGICAL FORECASTS ON RECLAIM OBJECTS

**Abstract:** The article deals with the theoretical foundations of the method of natural similarity and the possibility of its use in hydro-reclamation studies and forecasts. The objectives of the irrigation and reclamation forecast for water-balance areas were: a preliminary assessment of the rise in the level of groundwater under the influence of planned irrigation, an assessment of changes in the salinity of rocks in the aeration zone during irrigation, an assessment of changes in the chemical composition and salinity of groundwater. The forecasts were implemented for the Pravo-Egorlyk Irrigation System (PEIS) – an object using data from detailed studies on the territory of the Great Stavropol Canal (GSC-4) – a full-scale model. An approach to the selection of sites – analogues on a poorly studied PEIS – an object for transferring the results of scientific research to them from well-studied water-balance areas – models (Elizavetinskoye and Sovrunovskoye) on the territory of GSC-4 is considered. To select a site-analogue for the Elizaveta water-balance site-object on the territory of the NEEP, 9 sites were analyzed, only one was selected, four sites were considered for the selection of an analogue to Sovrunovskoye and no analogue was found.

**Keywords:** natural similarity and dimensions, natural model, object, analogue, similarity criteria, groundwater, salinization, aeration zone, hydro-reclamation forecast.



# 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)