



## **ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ – НОВЫЙ ЭТАП ИНДУСТРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

24-26 октября 2007г. Нерюнгри, Россия

**Том I**

Нерюнгри 2007

Правительство Республики Саха (Якутия)  
Якутский научный центр СО РАН  
Академия наук Республики Саха (Якутия)  
Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова  
Технический институт (филиал)  
Якутского государственного университета им. М.К. Аммосова

**ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ –  
НОВЫЙ ЭТАП ИНДУСТРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
24-26 октября 2007 г. Нерюнгри, Россия**

**Том I**

Генеральные спонсоры:

ОАО ХК «Якутуголь», ООО СП «Эрчим-Тхан»

Официальные спонсоры:

ООО СП «Эрэл», ООО «Нирунган», АС «Пламя»,

ОАО «Якутуглестрой», Нерюнгринская ГРЭС

Спонсоры:

Артель «Селигдар»,

ОАО «Нерюнгринское автотранспортное предприятие»,

ОАО «ЮЯГЭК»

Нерюнгри 2007

УДК 65.9(2Рос.Яку)  
ББК 332.01(571.56):061.3  
Ю 19

**Южная Якутия – новый этап индустриального развития:** Материалы международной научно-практической конференции. — Нерюнгри: Изд-во Технического института, 2007. — В 2-х томах. — Т. 1. — 373 с.

*В представляемом сборнике материалов научно-практической конференции, приуроченной к 55-летию освоения угольных месторождений Южной Якутии, рассматривается широкий спектр вопросов, связанных с промышленным освоением и социально-экономическим развитием северо-восточных регионов Российской Федерации на примере создания Южно-Якутского территориально-производственного комплекса (исторический, экономический, промышленный, инновационный, социальный аспекты).*

*В публикациях сотрудников крупнейших научно-исследовательских и промышленных организаций, изучающих проблемы Севера, представлены результаты исследований в областях добывающей и топливной промышленности, энергетики, транспортного комплекса, строительства, охраны окружающей среды, разрабатываются модели социального и экономического развития Южно-Якутского региона, дается историческая оценка пройденных этапов освоения края.*

*В целом рассмотрены следующие актуальные направления: проблемы и перспективы освоения месторождений полезных ископаемых Якутии, их обогащение и переработка; состояние и проблемы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы; охрана окружающей среды, экологическая и сейсмическая безопасность при промышленном освоении северных территорий; проблемы и перспективы развития транспортного комплекса Республики Саха (Якутия); энерго- и ресурсосберегающие технологии; социально-экономическое развитие региона и подготовка кадров.*

*Сборник предназначен для широкого круга читателей, представителей органов исполнительной власти, руководителей предприятий, научно-исследовательских институтов, образовательных учреждений и инновационных фирм.*

**Ответственный редактор**

первый заместитель Председателя Правительства РС (Я),  
к.т.н. *Г.Ф. Алексеев*

**Зам. ответственного редактора**  
министр промышленности РС (Я),  
к.э.н. *А.В. Голубенко*

**Редакционная коллегия:**

д.г.-м.н., профессор, директор ТИ (ф) ЯГУ *В.М. Никитин*;  
д.т.н., профессор, зам. директора ТИ (ф) ЯГУ  
по научно-исследовательской работе *Н.Н. Гриб*;  
к.с.-х.н., зав. сектором НИР и НИРС ТИ (ф) ЯГУ *Н.В. Зайцева*;  
*Л.В. Николаева* (отв. секретарь)

Утверждено к печати Ученым советом Технического института (филиала) ГОУ ВПО «Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова»

ISBN 5-91243-010-3 (т. 1)

УДК 65.9(2Рос.Яку)  
ББК 332.01(571.56):061.3  
© Технический институт (ф) ЯГУ, 2007

## **ОБРАЩЕНИЕ**

**первого заместителя Председателя Правительства Республики Саха (Якутия),  
к.т.н. Алексеева Г.Ф.**

**к участникам международной научно-практической конференции «Южная Якутия –  
новый этап индустриального развития» и выставки «Современные технологии и  
оборудование для освоения месторождений полезных ископаемых»**

Уважаемые участники международной конференции!

От имени Правительства Республики Саха (Якутия) приветствую всех участников IV Международной научно-практической конференции «Южная Якутия – новый этап индустриального развития» и проводимой в эти дни выставки «Современные технологии и оборудование для освоения месторождений полезных ископаемых».

Данные мероприятия являются составляющими целенаправленных действий, осуществляемых Президентом и Правительством Республики Саха (Якутия) по освоению новых месторождений полезных ископаемых и реорганизации действующих предприятий добывающей отрасли Якутии, развитию транспортного и топливно-энергетического комплекса, геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы, охране окружающей среды при промышленном освоении Южной Якутии.

Республика Саха (Якутия) - первая из субъектов Дальневосточного федерального округа разработала Схему комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года, которая была одобрена в феврале 2007 года на заседании Правительства Российской Федерации. В июне 2007 года на Петербургском международном экономическом форуме инвестиционный проект «Комплексное развитие Южной Якутии» был признан одним из лучших и рекомендован для софинансирования из Инвестиционного фонда Российской Федерации.

В ходе проводимой конференции будут обсуждаться комплексные проекты развития энергетической и транспортной инфраструктуры Южной Якутии во взаимосвязи со строительством промышленных объектов, с учетом их межрегионального значения и влияния на экономику соседних регионов, их научное сопровождение.

В рамках работы конференции состоится выставка «Современные технологии и оборудование для освоения месторождений полезных ископаемых», на которой лидеры – производители горнодобывающей техники и разработчики технологий продемонстрируют свои новейшие разработки.

Выставка дает возможность руководителям и специалистам горнодобывающих и перерабатывающих предприятий ознакомиться с новой продукцией компаний – лидеров в этих отраслях производства, сформировать предпосылки рационального использования передового опыта в практической работе.

Конференция и выставка призваны способствовать техническому перевооружению действующего производства, внедрению инновационных подходов, освоению новых технологий добычи, переработке и использованию полезных ископаемых, мониторингу и охране окружающей среды. Внедрение технологий, методик и других результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в



промышленное производство должны способствовать развитию и эффективному использованию научно-технического потенциала для обеспечения устойчивого экономического роста Республики Саха (Якутия).

Уверен, что предложенные к обсуждению на конференции идеи станут основой для новаторских, прорывных решений, что конференция и выставка станут еще одним шагом к решению насущных задач.

Желаю участникам международной конференции плодотворной творческой работы, широкого делового общения, дальнейшего продуктивного и взаимовыгодного сотрудничества!

Первый заместитель  
Председателя Правительства  
Республики Саха (Якутия), к.т.н.



Г.Ф. Алексеев

**Приветственное слово**  
**министра промышленности Республики Саха (Якутия),**  
**к.э.н. Голубенко А.В.**

Уважаемые участники конференции!

Все традиционные наши встречи на ежегодных научно-практических конференциях по проблемам развития основных отраслей народного хозяйства Республики Саха (Якутия) послужили определенным вкладом в экономическое развитие республики.

Нынешняя конференция – это предметное обсуждение нового этапа развития не только Республики Саха (Якутия), но и Дальнего Востока и Восточной Сибири.

Республика Саха (Якутия) по многим показателям занимает ведущие места в экономическом развитии Российской Федерации и Дальневосточного федерального округа, а Южная Якутия, в свою очередь – один из “локомотивов” промышленного развития республики.

По объему валового регионального продукта на душу населения республика входит в пятерку ведущих субъектов Российской Федерации. По другим показателям, таким, как валовой объем промышленного и сельскохозяйственного производства, мы также являемся абсолютными лидерами в Дальневосточном федеральном округе. В последние годы республика динамично развивается, есть позитивные результаты во всех отраслях народного хозяйства, как в традиционных, так и в новых, а также в инфраструктурных отраслях.

В результате благоприятной экономической ситуации в Российской Федерации, которая за последние годы характеризуется стабильностью, появилась возможность для реализации новых проектов, которые направлены на ускоренное социально-экономическое развитие и Российской Федерации, и Дальневосточного федерального округа, и Республики Саха (Якутия). Это исходит из тех потенциальных возможностей, которые были в республике и которые предстоит нам сегодня реализовать.

Примером нового вектора социально-экономического развития страны является инвестиционный проект «Комплексное развитие Южной Якутии».

Сегодня экономической политика Российской Федерации стала более ориентированной на восточные регионы нашей страны. Развитие восточных регионов, развитие каждого субъекта Российской Федерации в восточном регионе, развитие Дальневосточного региона в целом является стратегической задачей для Российской Федерации.

В ходе реализации инвестиционного проекта «Комплексное развитие Южной Якутии» будет решен целый ряд задач федерального, а также регионального и местного значения, отраженных в Поручениях Президента РФ, решениях Правительства РФ, федеральных отраслевых стратегиях, Бюджетных Посланиях Президента РФ и Посланиях Президента РФ Федеральному Собранию РФ, касающихся обеспечения опережающего социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности на Дальнем Востоке и в Восточной Сибири.

В настоящий период времени мы должны в полной мере использовать те возможности, которые у нас появились для развития экономики Республики Саха (Якутия),



рассматривая это в контексте реализации интересов Российской Федерации на ее восточных рубежах.

Основу экономики Республики Саха (Якутия), и в том числе Южной Якутии, составляет именно промышленность, а в структуре промышленного производства ведущее место занимает горнодобывающая, которая производит 65% объема промышленной продукции и где занято 12 % экономически активного населения Якутии.

Добывающие предприятия обеспечивают более половины налоговых поступлений во все уровни бюджетной системы и этот показатель ежегодно растет.

Для сохранения и роста достигнутых показателей и разработан Проект развития Южной Якутии, который предполагает реализацию ряда крупных инвестиционных проектов, что, кроме того, приведет к созданию значительного числа новых рабочих мест, росту доходов и повышению качества жизни населения.

Реализация Проекта позволит создать транспортные коммуникации, необходимые для освоения природных ресурсов и создания новых производств, обеспечить надежное транспортное сообщение для целого ряда населенных пунктов, сократив тем самым отставание Южной Якутии по обеспеченности транспортной инфраструктуры от других регионов.

Южная Якутия сегодня – это основные объемы добычи угля и золота, но реализация Проекта обеспечит диверсификацию экономики Республики Саха (Якутия) в сырьевом секторе за счет освоения месторождений новых для региона наименований полезных ископаемых, таких как, железная и урановая руды. Проектом запланировано создание перерабатывающих производств: газохимические предприятия, производство минеральных удобрений, что позволит снизить зависимость от конъюнктуры цен на продукцию сырьевого сектора, и создаст новые стабильные источники доходов республиканского бюджета. На втором этапе реализации инвестиционного проекта «Комплексное развитие Южной Якутии» предлагается к реализации проект строительства горно-металлургического комбината в Южной Якутии - один из крупнейших проектов по развитию сырьевой базы атомной энергетики не только в России, но и в мире.

Реализация инвестиционного проекта «Комплексное развитие Южной Якутии» - это долгосрочная, трудная, но очень интересная работа, в ходе которой будет много проблем. В ходе нашей конференции, уверен, все ее участники выскажут много новых идей при обсуждении всех задач научного, технологического и производственного плана. Предложат разные пути решения всех проблем, которые сопутствуют любому большому и современному делу.

Дорогие коллеги, желаю успешной и плодотворной работы нашей конференции.

Министр промышленности  
Республики Саха (Якутия), к.э.н.

А.В. Голубенко

## Пленарное заседание

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ И ГАЗОХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Алексеев Г.Ф., к.т.н., первый заместитель Председателя Правительства  
Республики Саха (Якутия)

- Нефтегазовая отрасль Якутии сегодня из-за неразвитой или полного отсутствия транспортной и энергетической инфраструктуры обеспечивает только внутренние потребности, да и то не в полном объеме.

- Якутия обладает огромным потенциалом по всем видам топливно-энергетических ресурсов: нефть, газ, уголь, гидроэнергетика, запасы урановых руд и пр.

- Все месторождения УВС – комплексные, содержат нефть, газ, газоконденсат и, кроме метана, аномально высокое содержание ценных компонентов, в том числе гелия.

- Низкая степень разведанности запасов.

- Практически все месторождения сосредоточены на юго-западе республики.

- Из 30-ти зарегистрированных в ГКЗ России месторождений углеводородов осваивается лишь несколько, причем уникальное Чаяндинское и целый ряд крупнейших месторождений находятся в нераспределенном фонде.

- Имеющихся запасов и прогнозных ресурсов газа достаточно не только для долгосрочного удовлетворения внутренних потребностей республики, устойчивого снабжения Дальневосточных и Восточносибирских регионов Российской Федерации, но и для многолетней поставки значительных объемов газа на экспорт в страны АТР.

Все это обсуждалось на многих международных конференциях, симпозиумах, и других серьезных мероприятиях.

Вместе с тем, именно в 2007 году для успешного развития нефтегазовой промышленности на территории Республики Саха (Якутия), были четко сформулированы цели и задачи государства:

- приказом Минпромэнерго России утверждена Восточная газовая программа, предполагающая прохождение магистрального газопровода в едином коридоре с магистральным нефтепроводом.

- строительство объектов газопереработки и газохимии на территории Республики Саха (Якутия) предусмотрено при реализации приоритетного сценария «Восток-50» Восточной газовой программы.

- подписано Соглашение о сотрудничестве между Республикой Саха (Якутия) и ОАО «Газпром». Создана совместная рабочая группа по реализации Соглашения с участием представителей заинтересованных сторон, первое заседание планируем провести 5 октября 2007 года.

- принято и уже реализуется решение о строительстве нефтепровода «Восточная Сибирь - Тихий океан» по «северному» маршруту.

- Правительством Российской Федерации утверждена Схема комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года.

Таким образом, на государственном уровне формируется четкая, системная, аргументированная, комплексная программа освоения нефтегазовых ресурсов:

1. В первую очередь обеспечить газификацию и газоснабжение населенных пунктов Дальнего Востока России.



2. Газохимическое производство должно быть организовано на территории России.

3. На экспорт будет поставляться природный газ, очищенный от ценных компонентов и гелия, и продукция химической переработки углеводородов.

В настоящее время Правительство Республики Саха (Якутия) в рамках работы Государственной комиссии по вопросам социально-экономического развития Дальнего Востока, Республики Бурятия, Иркутской и Читинской областей, участвует в разработке Проекта Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона до 2025г., в котором развитие нефтегазоперерабатывающей и газохимической отрасли будет одним из основных подразделов.

Кроме того, представители Республики Саха (Якутия) участвуют в работе Межведомственной рабочей группы по уточнению Энергетической стратегии России на период до 2020 года и её пролонгации на период до 2030 года, в т.ч. по направлению – «Нефтяной комплекс» под руководством академика А.Э. Конторовича.

Для руководства Якутии участие в этой работе очень важно, так как по всем без исключения видам топливно-энергетических ресурсов: уголь, нефть, газ, уран, гидроэнергетика, территория Якутии имеет колоссальный потенциал.

И именно топливно-энергетические ресурсы наиболее востребованы мировой экономикой.

В полном соответствии с государственными целями и задачами, формируется инвестиционная стратегия Якутии, которая прошла согласование, синхронизацию и скоординирована с инвестиционными программами крупных заинтересованных компаний (ОАО РЖД, РАО «ЕЭС России», АК «АЛРОСА», ОАО ГидроОГК, ОАО «Газпром», ОАО «Транснефть», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Техснабэкспорт», ОАО «Атомредметзолото», ОАО «Полус Золото» и др.).

Что касается перспектив создания газоперерабатывающих и газохимических производств:

Согласно Восточной газовой программе строительство мощностей по переработке к 2020г. до 31,7 млрд. м<sup>3</sup> газа в год в составе Якутского центра газодобычи предполагается осуществить в 2013-2018 гг. (с запуском первой очереди в 2016 г.). Газоперерабатывающий комбинат предполагается разместить в г. Ленске, что обусловлено необходимостью строительства подземного хранилища гелия (на ГХК будет выделяться до 38,7 млн. л гелия в год), геологические условия для которого (соляные пласты либо выработанные месторождения) существуют только в районе газодобычи (Ленский район).

Размещение газохимических производств на территории Республики Саха (Якутия) возможно как в г. Ленске, так и по трассе предполагаемого магистрального экспортного газопровода «Якутский центр газодобычи – Хабаровск».

Инвестиционная комиссия Минэкономразвития России 9-го июля т.г., в рамках XI Санкт-Петербургского международного экономического форума рекомендовала к рассмотрению на заседании Правительственной комиссии по финансированию из средств Инвестиционного фонда РФ объектов, имеющих общегосударственное значение, проект «Комплексное развитие Южной Якутии».

В соответствии с проектом, оптимальным местом размещения газохимического производства является район г. Алдана, как узловой точки, где потенциальные трубопроводные маршруты (например, Кысыл-Сыр – Якутск – Алдан) стыкуются с маршрутом магистрального экспортного газопровода «Якутский центр газодобычи – Хабаровск». Кроме того, преимуществом предлагаемого варианта является наличие практически всей необходимой инфраструктуры:

- есть железная дорога «Тында – Беркамит – Томмот» и федеральная автодорога М-56 «Лена».

- дешевая электроэнергия Нерюнгринской ГРЭС (ЛЭП-220 кВ) и в перспективе электрическая энергия ЮЯГЭК.

- наличие развитой социальной инфраструктуры (жилье, объекты соцкультбыта и т.д.) в отличие от малообжитых новых районов нефтегазодобычи.

- наличие крупнейшего в восточной части страны Селигдарского месторождения апатитов, что дает в перспективе возможность организовать производство комплексных (азотно-фосфорных) минеральных удобрений.

Предполагаемые объемы перевозок сырья, материалов и готовой продукции объектов газопереработки и газохимии учтены в «Прогнозе формирования грузопотоков в республике Саха (Якутия) до 2030г».

Имеется Экспертное заключение ОАО «Газпром», в котором в целом отмечено соответствие основных положений задачам развития газовой отрасли на Востоке России, определенным Восточной газовой программой и поддержана необходимость разработки обоснования инвестиций по вариантам расположения газохимического комплекса в г. Ленск и в г. Алдане.

В течение 2008-2009г.г. предусмотрено проведение необходимых проектно-изыскательских работ, обоснований и экспертиз, по итогам которых должно быть принято окончательное решение о выборе места строительства объектов газохимии.

Считаем необходимым учесть размещение объектов газопереработки и газохимии в следующих разрабатываемых программных документах:

- Энергетическая стратегия России на период до 2020 года и её пролонгация на период до 2030 года;
- Генеральная схема развития газовой отрасли России до 2030 года;
- Генеральная схема развития нефтепроводного транспорта, включая нефтепродуктопроводы, до 2020 года;
- топливно-энергетический баланс Российской Федерации.

Недостаточно проработан как на федеральном, так и на региональном уровне вопрос организации переработки попутного нефтяного газа. На существующих нефтепромыслах Республики сжигается на факелах порядка 50 млн. м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа.

По оценкам, к 2020 году в связи с увеличением объемов добычи нефти, только на существующих нефтепромыслах республики объем извлекаемого попутного нефтяного газа составит не менее 1300 млн. м<sup>3</sup> газа ежегодно. С учетом освоения и добычи нефти с новых месторождений, этот объем возрастет еще в три-четыре раза.

Необходимо, чтобы попутный газ был максимально эффективно использован.

Таким образом, реализация всех этих проектов не только полностью обеспечит внутреннюю потребность Республики Саха (Якутия) в продукции нефтегазопереработки и газохимии, но и регионы Дальневосточного федерального округа с перспективой выхода продукции газохимической отрасли на рынки Северо-Восточной Азии и Азиатско-тихоокеанского региона, значительно повысит эффективность функционирования нефтегазового комплекса.

И здесь я хотел бы обратиться к нашим зарубежным коллегам и, надеюсь, партнерам. Вы знаете о позиции Президента России и о нашем понимании энергетической безопасности. Это безопасность не только потребителя, но и поставщика энергоресурсов. Если на западном направлении все более-менее понятно, необходимая инфраструктура создавалась там в

течение 19-го и 20-го веков, и все дискуссии идут хоть и по важным, но по сути локальным вопросам. На Востоке России практически все создается с «нуля», с «чистого листа».

Планы республики по увеличению объемов поставок потребителям, в том числе на экспорт.

Уголь: с 11-ти млн. тонн в 2006г., до 50-ти млн. тонн в 2020г.;

Нефть – после ввода в эксплуатацию нефтепровода «ВС-ТО» - к 2020г. до 12-15 млн. тонн в год;

Газ – с сегодняшних 1,5 млрд. м<sup>3</sup> - до 31,7 млрд. м<sup>3</sup> к 2020г. согласно Восточной газовой программе.

Гидроэнергетика – потенциал Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса – строительство к 2030г. восьми ГЭС суммарной мощностью 8500 мегаватт установленной мощности, 35 млрд кВт час в год - производство электроэнергии.

За счет освоения Эльконской группы урановых месторождений к 2020 году будет обеспечено производство уранового концентрата в объеме 5 тыс. тонн в год.

И все это – в строгом соответствии с вышеперечисленными государственными документами и стратегиями развития крупнейших российских компаний, практически по всем проектам уже начаты реальные действия.

В 2006 году в Якутии инвестиции в основной капитал составили 56,5 млрд. рублей, с ростом к уровню 2000 года на 90,7% в сопоставимых ценах.

По объему инвестиций в основной капитал - 2-е место среди регионов Дальневосточного федерального округа. По итогам 2007г. рост инвестиций по самым скромным оценкам ожидается не менее 170%, т.е. не менее 100 млрд. руб.

Инвестиции осуществляются в строительство подземных алмазных рудников и угледобывающих предприятий, в освоение Талаканского, Среднеботуобинского и Средне-Тюнгского месторождений углеводородов, в освоение золоторудных месторождений «Нежданинское» и «Кючус», месторождений Куранахского золоторудного поля, в строительство нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан», в строительство железнодорожной линии Беркакит-Томмот-Якутск.

Ведутся изыскательские работы по освоению Эльконской группы золотоурановых месторождений, по определению перспективного створа на реке Тимптон для строительства Канкунской ГЭС – первенца Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса, по строительству совмещенного автомобильно-железнодорожного моста через р. Лена в районе г. Якутска и т.д.

Отмечается ежегодное улучшение инвестиционного климата в республике.

Якутия является единственным субъектом ДФО, обладающим международным инвестиционным рейтингом, и входит в первую десятку субъектов России.

5 февраля 2007 года международное рейтинговое агентство Fitch подтвердило долгосрочные рейтинги в иностранной и национальной валюте Республики Саха (Якутия) на уровне "B+", краткосрочный рейтинг в иностранной валюте "B" и национальный долгосрочный рейтинг "A(rus)", прогноз по долгосрочным рейтингам - "стабильный".

25 апреля 2007 года рейтинговым агентством Standard&Poor's повышен кредитный рейтинг по национальной шкале Республике Саха (Якутия) с "ruA" до "ruA+".

15 июня 2007 года рейтинговое агентство Standard&Poor's присвоило Республике Саха (Якутия) долгосрочный кредитный рейтинг «B+» по международной шкале. Прогноз – «стабильный».

Высокий инвестиционный рейтинг, практическая реализация основных стратегических проектов Республики Саха (Якутия) позволяют прогнозировать дальнейший рост инвестиций в основной капитал до 190 - 200 млрд. рублей ежегодно.

На основе уже принятых документов, согласованных, скоординированных и синхронизированных стратегических направлений развития экономики Якутии, необходимо более активно объединить усилия международного научного сообщества для их продвижения и реализации.

Якутия – полноценный субъект Российской Федерации, и для Правительства Республики развитие науки, культуры, искусства и социальной сферы не менее важны, чем добыча золота, алмазов, угля, нефти и газа. Месторождения должны осваиваться с минимальным ущербом для экологии.

Поэтому в сфере добычи и переработки полезных ископаемых будут применяться самые передовые технологии, самая современная техника. И здесь каждый может найти себе достойное место. И бизнес, и наука.

УДК 620.9:338.9

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ  
РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В СОСТАВЕ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЯ  
ВОСТОКА РОССИИ С УЧЕТОМ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ СТРАНЫ**

Воропай Н.И., член-корреспондент РАН, ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск,  
Слепцов О.И., д.т.н., профессор, ИФТПС СО РАН, г. Якутск,  
Ильковский К.К., к.э.н., ОАО АК «Якутскэнерго»,  
Кобылин В.П., д.т.н., Шадрин А.П., к.т.н., ИФТПС СО РАН, г. Якутск,  
[v.p.kobylin@iptpn.ysn.ru](mailto:v.p.kobylin@iptpn.ysn.ru)

Исследования перспектив развития электроэнергетики России до 2030 года показывают, что с учетом роста электропотребления необходимая установленная мощность электростанций в стране может составить 300,1 и 396,5 ГВт для вариантов базового (2000 млрд. кВт·ч) и повышенного (2300 млрд. кВт·ч) уровней электропотребления, соответственно.

Рост мощностей генерации в России обеспечивается преимущественно за счет масштабных вводов КЭС на угле. Их суммарная установленная мощность при определенной мощности (действующая в настоящее время мощность минус демонтаж) в 14,6 ГВт к 2030 году может составить 61...140 ГВт в рассматриваемом диапазоне потребностей в электроэнергии. Вводы мощностей угольных КЭС требуются во всех ОЭС, кроме ОЭС Северо-Запада и Средней Волги, но в разных ОЭС объемы необходимых вводов существенно различны. Максимальные вводы нужны в ОЭС Сибири и Урала. В варианте повышенного электропотребления могут существенно увеличиться вводы угольных КЭС в ОЭС Центра и Юга (Кавказа).

Суммарная установленная мощность АЭС к 2030 году может достигнуть предельно возможного значения 88 ГВт в варианте повышенного электропотребления, в базовом варианте эта мощность несколько ниже – 75,5 ГВт. АЭС размещаются в основном в ОЭС Северо-Запада, Центра, Юга и Средней Волги.

Установленная мощность ГЭС к 2030 году может составить 52,2 ГВт (не включая разрывы мощности на действующих ГЭС) при определенной мощности в 37,1 ГВт. Вводы мощностей на ГЭС практически одинаковы в обоих вариантах, поскольку ГЭС имеют значительные индивидуальные различия в технико-экономических показателях и достаточно четко делятся на две мало пересекающиеся части: высокоэффективные и малоэффективные. Наибольшая доля по мощности ГЭС может появиться в Сибири и на Дальнем Востоке.

В таблице 1 приведены прогнозные данные по мощности электростанций в ОЭС Востока на 2030 г.

Таблица 1

Варианты развития ОЭС Востока	Мощности электростанций различных типов, ГВт				
	КЭС	ТЭЦ	АЭС	ГЭС	Всего
Определившаяся мощность	1,7	3,5	0	2,2	7,4
Базовый вариант	1,7	3,5	0	8,9	14,1
Повышенный вариант	3,1	4,1	0	8,9	16,1

ОАО АК «Якутскэнерго» — самая северная энергосистема РАО «ЕЭС России», обеспечивающая теплом и электроэнергией территорию Республики Саха (Якутия), расположенной на северо-востоке Сибири. Площадь Республики составляет 3,1 млн. кв. км (1/5 часть России). Она является самым большим субъектом Российской Федерации. Свыше 40% территории Республики находится за Полярным кругом. Большую часть территории занимают обширные горные системы, нагорья и плоскогорья. 47,4% территории Якутии занимают леса. В Республике почти 700 тыс. рек общей протяженностью свыше 1,5 млн. км. С севера на юг территория имеет протяженность 2 000 км, с запада на восток — 2 500 км.

На западе Якутия граничит с Красноярским краем, на юго-западе — Иркутской, на юге — Читинской и Амурской, на востоке — Магаданской областями, на юго-востоке — с Хабаровским краем, на северо-востоке — с Чукотским АО. С севера на протяжении более чем 4 тыс. километров Якутия омывается морями Лаптевых и Восточно-Сибирским.

Якутская энергосистема является важнейшей составной частью электроэнергетики Дальневосточного региона России. На республиканском рынке электроэнергии ОАО АК «Якутскэнерго» занимает доминирующее положение. В период 2002 – 2004 гг. перетоки энергии на ФОРЭМ превышали 1,5 млрд. кВт·ч/год. Однако, в последние два года, в связи с вводом Бурейской ГЭС, поставки энергии на ФОРЭМ сократились почти на 10%.

Основу электроэнергетики республики составляют электростанции с установленной мощностью 2056 МВт и электрические сети АК «Якутскэнерго», протяженностью ВЛ 0,4 – 220 кВ по цепям 21032 км. Основными генерирующими источниками сегодня являются: Вилюйская ГЭС 1-2 с установленной мощностью 680 МВт; два агрегата Светлинской ГЭС (ВГЭС-3) – 180 МВт; Мирнинская ГРЭС – 120 МВт; Якутская ГРЭС – 320 МВт; Якутская ТЭЦ – 12 МВт; Нерюнгринская ГРЭС – 570 МВт и Чульманская ГРЭС – 48 МВт (рис. 1).

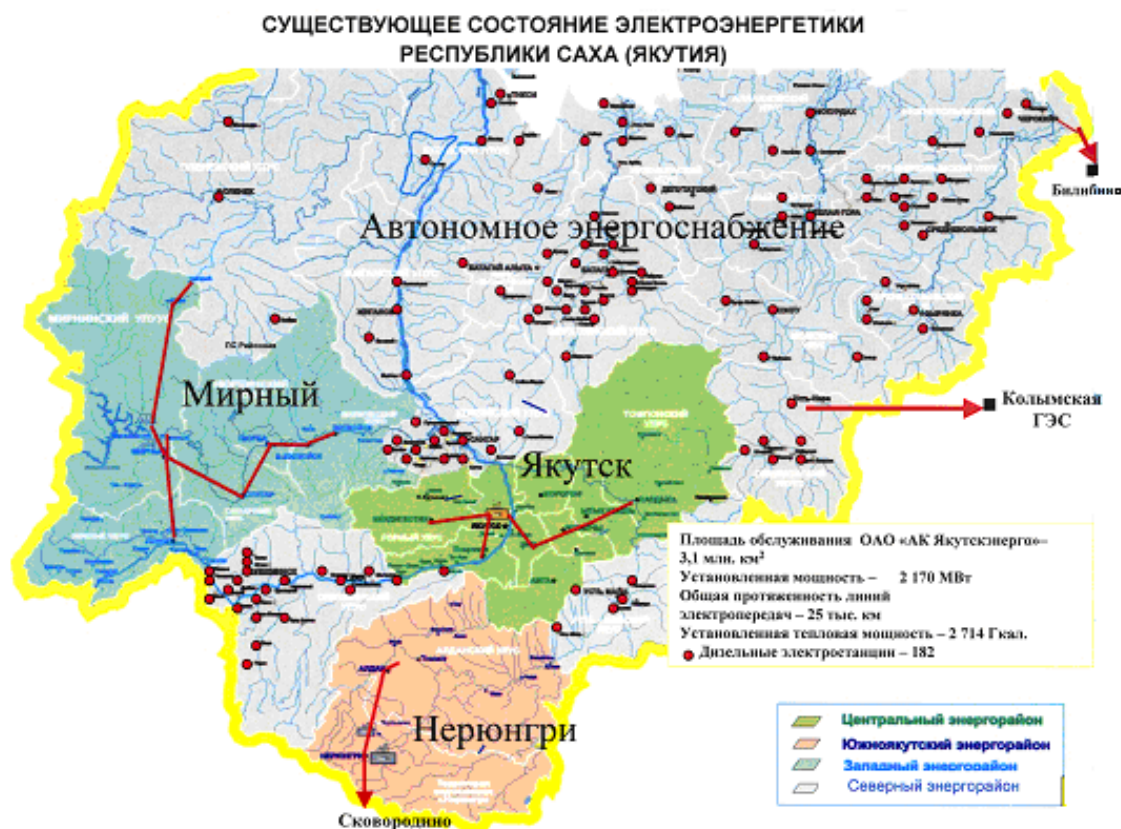


Рис. 1.

За пятилетний период в системе централизованного электроснабжения республики введены:

- ВЛ-110 кВ Хандыга – Джебарики-Хая протяженностью 67 км, для снабжения угольной шахты «Джебарики-Хая» и поселка горняков;
- две очереди пускового комплекса ВЛ-220 кВ «Мирный – Сунтар – Нюрба» протяженностью 131,2 км с переходом протяженностью 1,2 км через р. Вилюй, общей протяженностью 374 км;
- завершена реконструкция первой очереди Якутской ГРЭС с заменой газотурбинных установок ГТУ-35 на современные ГТУ-45.

Дальневосточный энергетический район имеет огромное значение в современном и перспективном развитии экономики страны, в укреплении его позиции в Азиатско-Тихоокеанском регионе. В этом обширном регионе имеются благоприятные условия для широкомасштабного освоения природных ресурсов, в ряде случаев, не имеющих альтернативных решений. Объединенная энергосистема Востока, включающая три энергосистемы – Амурскую, Хабаровскую и Дальневосточную (Приморский край) – является наиболее крупным энергообъединением в регионе Востока и работает в настоящее время отдельно с ЕЭС России; установленная мощность электростанций ОЭС Востока – 10,5 ГВт (рис. 2).

**Перспективная схема объединенной энергосистемы Восточной Сибири и Дальнего Востока  
через узлы централизованного электроснабжения  
Республики Саха (Якутия)**

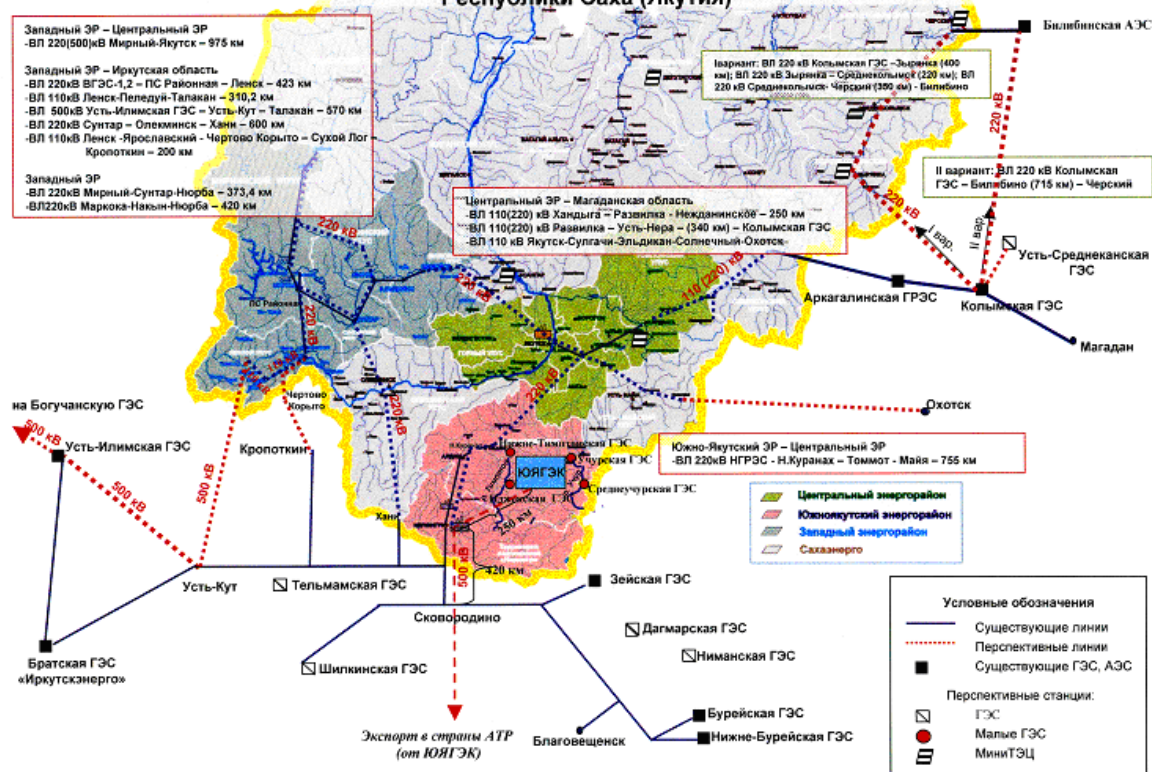


Рис. 2.

В составе ОЭС Востока имеются Зейская ГЭС мощностью 1,33 ГВт, Бурейская ГЭС – 2 ГВт, Приморская ГРЭС – 1,5 ГВт, тринадцать тепловых электростанций мощностью 200-600 МВт каждая и серия мелких. В период до 2015 года, планируется строительство Нижне-Бурейской ГЭС мощностью 0,43 ГВт, Ургальской – 0,6 ГВт, Тугурской приливной электростанции предполагаемой мощностью 6,8 ГВт, Дальневосточной, Приморской и ряда атомных станций.

Увеличение пропускной способности ВЛ-500 кВ между Хабаровской и избыточной Амурской энергосистемами дает возможность Хабаровскэнерго увеличить в два раза поставки электроэнергии от Бурейской ГЭС с дальнейшей передачей в Приморье, а строительство подстанции 500 кВ «Хехцир-2» дополнительно усиливает связь Хабаровской энергосистемы с объединенной энергосистемой Востока и создает предпосылку для выдачи мощности Хабаровской ТЭЦ-3, в перспективе Хабаровской АТЭЦ [9].

Перечисленные энергетические объекты являются частью Федеральной целевой программы экономического и социального развития Дальнего Востока и Забайкалья на период до 2015 г. и в перспективе. Выполнение этой программы означает строительство и ввод нового комплекса ВЛ 500 кВ общей протяженностью свыше 1000 км. Ввод этих объектов обеспечит потребности в электроэнергии как всех внутренних субъектов ДФО, так и масштабные экспортные поставки в Китай, Северную и Южную Корею, а затем и в Японию с участием АЭС с реакторами ВВЭР-640, ВВЭР-1500 и БН-800, БН-1600.

Дальнейшее развитие электросетевого хозяйства Дальнего Востока на период до 2030 г. направлено на строительство:

- ВЛ-500 кВ Дальневосточная – Владивосток с подстанцией 500 кВ «Владивосток». Ввод первой очереди предусматривается в текущем 2007 г.

- ВЛ-500 кВ Чугуевка – Находка – Владивосток с подстанцией 500 кВ в Находке. Ввод первой очереди – 2009 г., второй – строительство подстанции «Находка» 500 кВ – в 2010 г.

- Возможно формирование ядерно-энергетических центров.

Таким образом, ввод в эксплуатацию ВЛ-500 кВ Чугуевка – Находка – Владивосток завершит создание кольцевой схемы, необходимой для надежного электроснабжения потребителей южных районов Приморья, ликвидации проблемы ограничения мощности в аварийных режимах на участках ВЛ 500 кВ «Приморская ГРЭС – Чугуевка», «Приморская ГРЭС – Дальневосточная» и в случае выхода из строя турбоагрегатов на Партизанской ГРЭС. Кроме этого в статических режимах работы линий увеличится на 300 МВт пропускная способность участка ВЛ южнее Приморской ГРЭС.

В связи с реализацией проекта нефтепровода ВСТО с конечной точкой в районе порта «Зарубино» (Приморский край) становится очевидной необходимость строительства подстанции 500 кВ «Краскино» и линии «Владивосток – Краскино» протяженностью около 250 км, трасса которой практически совпадает с трассой межгосударственного значения «Владивосток – Чхожин» (рис. 3). Поскольку трасса ВЛ будет проходить по территориям заказчика и заповедника, то следует рассмотреть варианты ее выполнения на специальных опорах повышенного габарита над землей.

Таким образом, ввод подстанции 500/220/110 кВ «Краскино» обеспечит электроснабжение потребителей порта «Зарубино», нефтеналивного терминала «Перевозка» нефтепровода ВСТО, свободной экономической зоны «Туманган», Дальневосточного металлургического комбината с предполагаемой производительностью переработки железнорудного концентрата до 10 млн. тонн в год, городов Чхонджина в КНДР и Хуньчунь (провинция Цзилинь, КНР).

Для передачи мощности на дальние расстояния соответственно потребуются проработка новых видов электропередачи высокого и ультравысокого напряжения. Такие исследования проводятся в НИИПТ (г. С-Петербург), ИСЭМ (г. Иркутск), СибНИИЭ (г. Новосибирск), ИФТПС (г. Якутск), НИИ СЗО «Энергосетьпроект» (г. С-Петербург) и др. Аналогичные исследования проводятся в Японии, Китае, Корее и других странах.



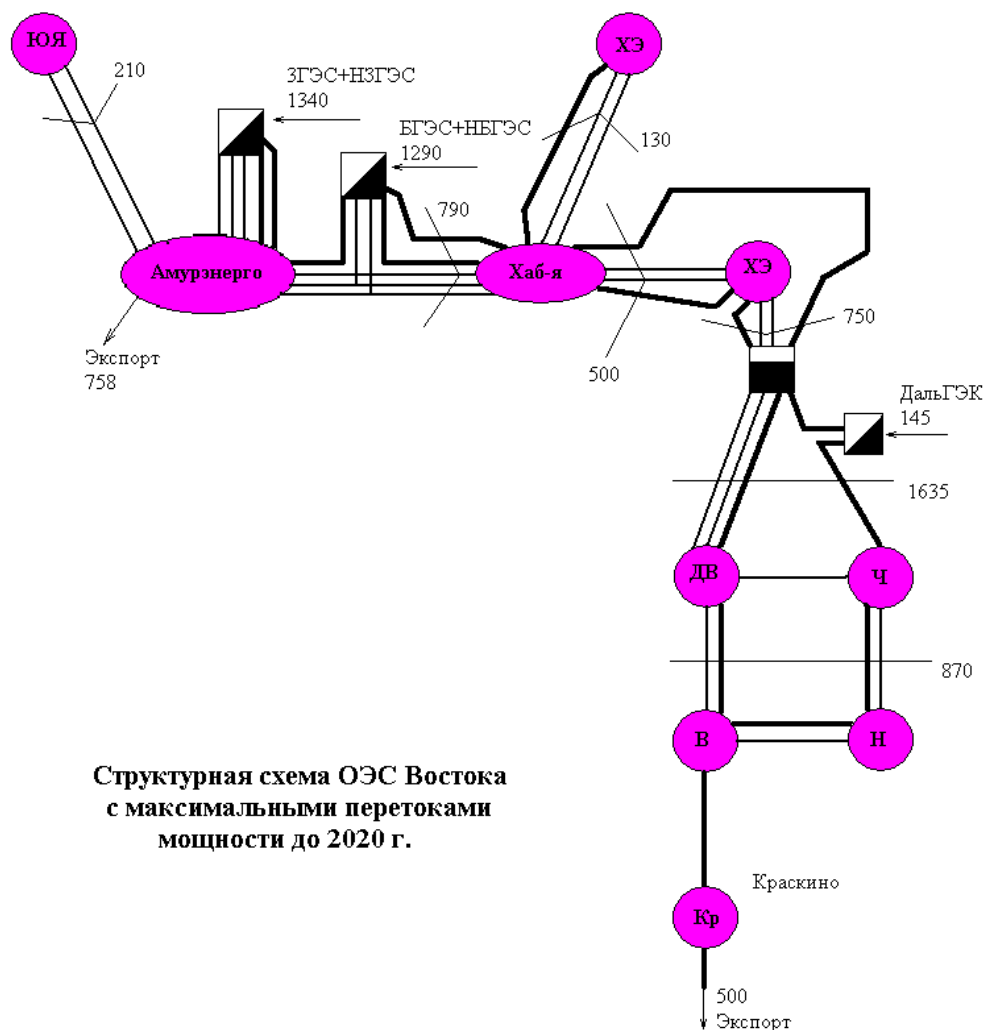


Рис. 3.

Активизируется проработка проектов формирования ЕНЭС Восточной Сибири и Дальнего Востока через узлы централизованного электроснабжения РС(Я) и создания Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса (ЮЯГЭК). Подписано соглашение с РАО ЕЭС, Федеральной гидрогенерирующей компанией (ГидроОГК) и Федеральной сетевой компанией (ФСК) ЕЭС. Изучаются перспективные варианты сбыта электроэнергии ЮЯГЭК и готовятся предложения выдачи мощности ЮЯГЭК потенциальным потребителям, прорабатываются транспортная и электроснабжающая схемы на период строительства Южно-Якутских ГЭС и вопросы кредитования мегапроектов; 21 декабря 2006 г. Правительством одобрена Декларация о намерениях первоочередного строительства каскада ГЭС на реке Тимптон, согласовано проведение проектно-изыскательских работ по строительству каскада ГЭС на р. Тимптон, а 27 декабря 2006 г. в г. Москве, на заседании рабочей группы по вопросам перспективного развития электроэнергетического комплекса РС(Я), было принято решение о доработке Концепции развития электроэнергетики РС(Я) на период до 2030 г. с присоединением Якутской энергосистемы к ЕНЭС России и утверждении Плана по срокам строительства объектов ЮЯГЭК.

В планах дальнейшей работы по реализации поручений Президента Российской Федерации в области развития энергетики республики, при формировании «Минпромэнерго» РФ проектов «Схема размещения объектов электроэнергетики

Российской Федерации до 2020 года» и «Корректировка схемы развития ЕЭС и ОЭС России до 2020 года», включая корректировку Схемы развития ЕНЭС, в области энергетики обозначены следующие основные задачи:

- Реализация проекта комплексного развития Южной Якутии, важнейшим элементом которого является строительство Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса (рис. 4). Стоимость проекта оценивается в 6,72 млрд. долл. США, в том числе, Учурские ГЭС – \$ 4,87 млрд. и Тимтонские – \$ 1,85 млрд.;
- Развитие единой национальной электрической сети России по направлениям:
  - Богучанская ГЭС (Усть-Илимская ГЭС) – г. Усть-Кут – Каскад Вилюйских ГЭС – г. Якутск;
  - г. Якутск – Хандыга – Колымская ГЭС (Усть-Среднеканская ГЭС) – г. Магадан;
  - г. Якутск – Нерюнгринская ГРЭС – ОЭС Востока.
- Разработка Программы развития малой энергетики Севера и Востока России на 2007 – 2020 гг. с использованием опыта разработки и реализации Программы по малой энергетике Республики Саха (Якутия), включая малую атомную энергетику, в других субъектах Российской Федерации, в которых зона децентрализованного энергоснабжения занимает значительное место. В качестве примера на рис. 5 приведены возможные места размещения плавучих АЭС малой мощности с реакторами КЛТ-40С, АБВ, УНИТЕРМ и др.
- Восстановление в 2008 г. практики выделения из федерального бюджета субвенций на компенсацию разницы в тарифах на электроэнергию, вырабатываемую дизельными электростанциями, в том числе, для республики Саха (Якутия) в сумме 4 млрд. рублей.

Таким образом, главным проектом в электроэнергетике Республики Саха (Якутия) Схемой определен Южно-Якутский гидроэнергетический комплекс, состоящий из каскада ГЭС общей мощностью 8,5 ГВт. Особенностью проекта является минимальное негативное воздействие на окружающую среду (рис. 5).

Заявленные объемы экспортных поставок, согласно протокола о сотрудничестве между РАО ЕЭС России и ГЭК Китая (июнь 2005 г.), составляют от 30 до 50 млрд. кВт·ч/год. Одновременно и Республикой Корея изучаются проекты поставок электроэнергии в объеме 20...30 млрд. кВт·ч/год с территории Дальнего Востока. Удовлетворение этих поставок может быть только в случае строительства новых крупных ГЭС на Дальнем Востоке, Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса на реках Учур, Тимптон и Тугурской приливной электростанции.

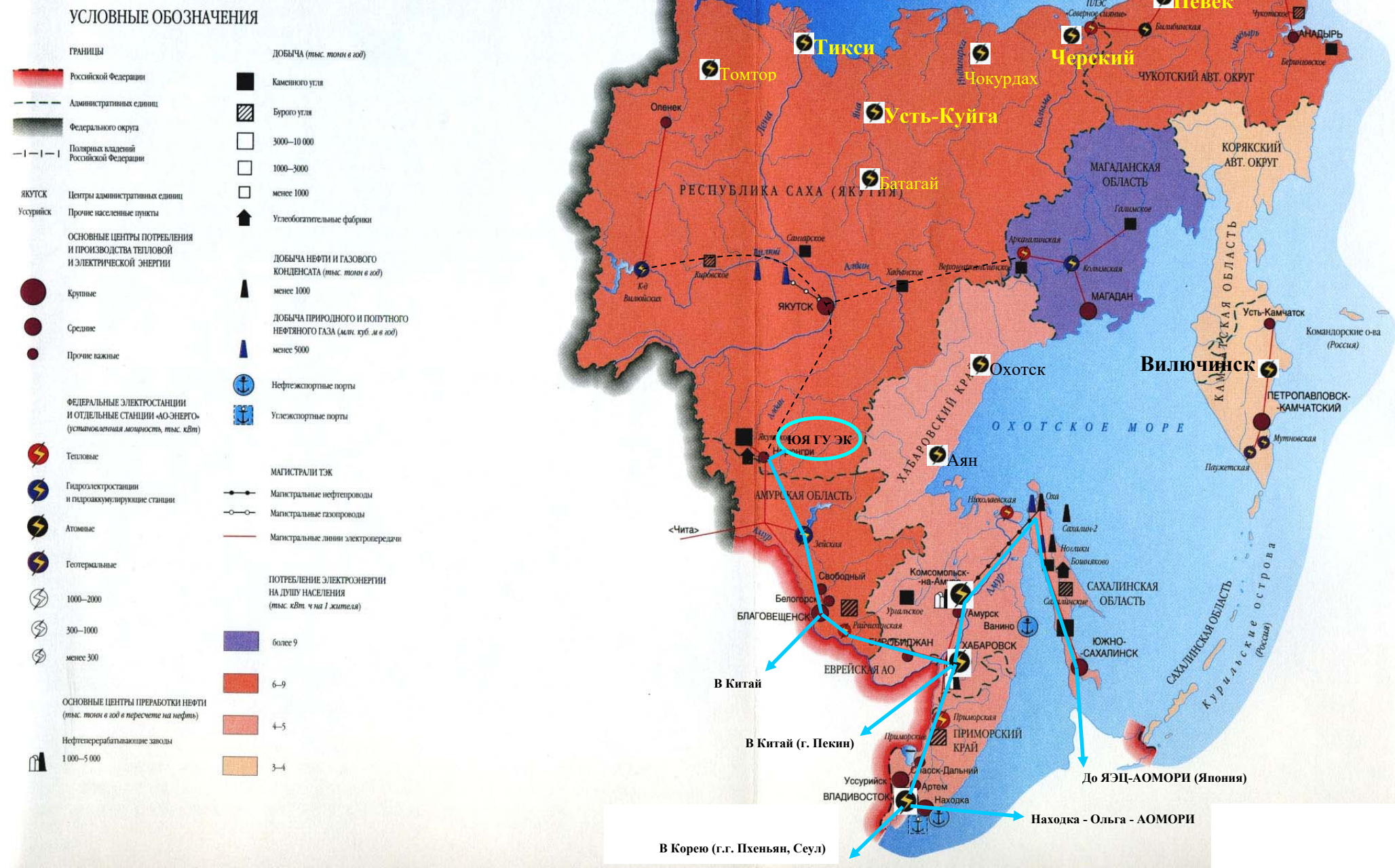
### Ключевой проект развития генерации – строительство Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса



Рис. 4.

Создание ЮЯГЭК повысит надежность работы энергосистемы Якутии, позволит обеспечить потребности в электроэнергии не только новых инвестиционных проектов, таких как: строительство нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», железная дорога до г. Якутска, нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, угольная, золотодобывающая, металлургическая, алмазодобывающая, формирование ядерно-энергетических центров континентального и прибрежного назначения и ряд других видов промышленности, но и появится возможность передачи мощности в энергосистемы Сибири, Дальнего Востока и зарубежья (Китай, Япония, Северная и Южная Корея). При этом появится реальная возможность снижения тарифов на Дальневосточном рынке и ликвидации дефицитов мощности и формирование значительных уровней экспорта электрической энергии на базе крупных ГЭС и АЭС с реакторами последнего поколения.

Рис. 5. Дальневосточный Федеральный округ



## Литература

1. Штыров В.А. О социально-экономическом развитии Республики Саха (Якутия). Выступление на заседании Правительства РФ 8 февраля 2007 г., Москва // Якутия. 14.02.2007.
2. Алексеев Г.Ф. Обоснование необходимости формирования перспективной схемы объединенной энергосистемы Республики Саха (Якутия) с ОЭС Сибири и ОЭС Востока с учетом перспектив освоения месторождений Сибири и Дальнего Востока. Якутск, 2006.
3. Ильковский К.К. Опережающее развитие энергетической инфраструктуры Республики Саха (Якутия). ОАО АК «Якутскэнерго». Якутск, 2006.
4. Борисов Е.А., Галичанин Е.Н., Уваров В.А., Штыров В.А. Северо-Восток России: региональная экономика и управление. М., 2006. С. 27-39.
5. Отчет органов исполнительной власти Республики Саха (Якутия) перед населением о работе за 2002-2006 годы. Якутск, 2007. С. 64, 65, 82, 83, 116.
6. Балюк Н.З., Огнев А.Ю., Минаков В.Н. Формирование межсистемного транзита 500 кВ на Дальнем Востоке России и проблемы энергетической безопасности в условиях развития экспорта электроэнергии в страны СВА // Энергетика России в XXI веке: Развитие, функционирование, управление. Иркутск, 2005. С. 621-627.
7. Ларионов В.П., Шадрин А.П. Принципы организации зоны высокой энергетической эффективности в Якутии // Наука и образование. 1996. № 2. С. 28-33.
8. Митенков Ф.М., Самойлов О.Б., Ларионов В.П., Шадрин А.П. Проблемы использования ядерных энергоисточников повышенной безопасности с водоводяными реакторами (ВВЭР-640) на северо-востоке России и в АТР // Тезисы докладов междунар. конф. «Восточная энергетическая политика России и проблемы интеграции в энергетическое пространство Азиатско-Тихоокеанского региона». Иркутск, 1998.
9. Ларионов В.П., Шадрин А.П. О перспективах использования атомных станций малой мощности в условиях Крайнего Севера // Радиационная безопасность Республики Саха (Якутия): Материалы 2-й республиканской научно-практической конференции. Якутск: ЯФГУ, Изд-во СО РАН, 2004. С. 414-426.

УДК 551.24:550.34(571.56)

### **КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ - ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Гриб Н.Н., д.т.н., профессор, Трофименко С.В., к.г.-м.н., доцент,  
Никитин В.М., д.г.-м.н., профессор, Технический институт (филиал) ЯГУ,  
г. Нерюнгри, [urovsky@yandex.ru](mailto:urovsky@yandex.ru)  
Статива А.С., Проблемная лаборатория по прогнозу землетрясений  
Якутского госуниверситета, г. Нерюнгри

Многолетними экспериментальными исследованиями на прогностических полигонах Южной Якутии установлены многочисленные факты проявления тектонических процессов в геофизических полях. Аномальные составляющие тепловой, электростатической, электрокинетической электромагнитной, магнитной и гравитационной природы (полей предвестников) были соотнесены с локальными неоднородностями литосферы в виде формирующихся очагов землетрясений.

Целью комплексных геофизических исследований прогностических эффектов землетрясений является определение предвестников землетрясений и создание системы оповещения для снижения риска катастрофических последствий от землетрясений.

Проведение исследований по выявлению предвестников землетрясений, обусловленных различной физической природой их возникновения, подразумевает изучение корреляционных связей типа «геофизические поля - землетрясение». Для достижения поставленной цели и определенной методики исследований необходимо решение следующих девяти задач:

- математическое моделирование динамики сейсмического процесса Олекмо-Становой сейсмической зоны;
- статистический анализ пространственного распределения геофизических полей построение карт систем разломов с выделением зон, ослабленных по тектоническим признакам;
- моделирование сейсмической опасности с выделением зон возможных очагов землетрясений по комплексу геологических, тектонических и геофизических признаков;
- создание математических моделей предвестников землетрясений гравитационной, магнитной, электрической, электромагнитной, термодинамической природы.
- создание банка статистических экспериментальных данных;
- доработка технологии диагностирования предвестников землетрясений, разработанных в процессе научно поисковых работ в предыдущие годы, на основе современных тенденций развития технологий, связанных с синергетическими подходами к решаемой задаче.
- стационарный геофизический мониторинг очаговых зон комплексом методов;
- полевые геолого-геофизические исследования для картирования активных тектонических структур и определение физических свойств формирующихся очагов землетрясений;
- разработка технологии и методики для систем автоматизированного геофизического диагностического комплекса с практическим выходом на создание системы оповещения о периодах повышенной сейсмической опасности.

Решение поставленных задач позволит наиболее полно изучить сейсмическую опасность для промышленных инфраструктур и гражданских сооружений, снизить сейсмические риски и разработать единую автоматизированную систему диагностирования предвестников землетрясений с созданием автоматической системы оповещения о периодах повышенной сейсмической опасности.

Отличительной особенностью данного подхода является физико-математическое моделирование характера проявлений геофизических предвестников землетрясений исходя из вещественного состава и типа очага землетрясения вследствие динамических процессов. Данное направление является новым как в отечественной, так и в зарубежной практике геофизических научно поисковых исследований физики очага землетрясения.

В Южной Якутии впервые были зарегистрированы аномалии электромагнитного излучения, проинтерпретированные как предвестники сильного ( $K=16,5$ ) землетрясения, произошедшего 21 апреля 1989 г [1].

В ноябре 2005 г. были получены аналогичные результаты изменения ЭМИ перед землетрясением с энергией  $10^{15}$  Дж, что иллюстрирует рисунок 1.

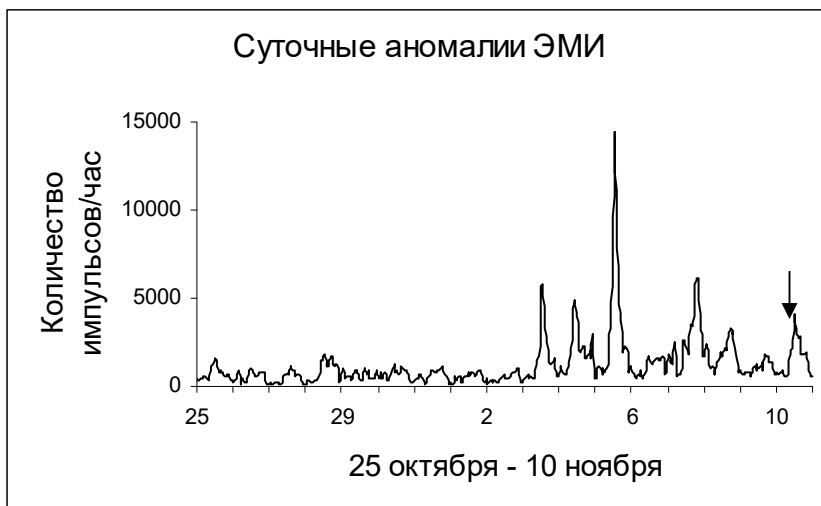


Рис. 1. Вариации электромагнитных эмиссий в период сильного ноябрьского землетрясения 2005г. Стрелкой отмечен момент главного события

Это дало основания полагать, что данный предвестник землетрясений является определяющим для региона Южной Якутии.

В течение 1982-1985гг. на Южно-Якутском геодинамическом полигоне проводились стационарные гравиметрические наблюдения при помощи донного гравиметра. Специально для этого вида работ был построен подземный, массивный бункер. Температура за сутки внутри измерительной системы менялась не более чем  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Данные об изменении  $\Delta g$  записывались на ленту КСП – 4 со скоростью 10 мм/час. Чувствительность гравиметра в разные периоды измерений менялась от 0,03 до 0,08 мГал/дел. На рисунке 2 представлены результаты наблюдений в моменты, когда на записях отмечались сейсмические события. Можно наблюдать следующее:

- скачкообразное изменение нуля - пункта в течение 0,5 часа;
- бухтообразное изменение нуля - пункта в течение 1 часа.

На рисунке 3 представлен график изменений нуля пункта гравиметра в течение февраля-марта 2002 года. Нелинейные изменения нуля пункта во всех случаях сопровождаются последующим близким землетрясением. Третий пик на графике (отмечен стрелкой) землетрясением не сопровождался. Однако последующими измерениями были установлены факты изменения показаний гравиметра (изменения нуля пункта) перед дальними землетрясениями тихоокеанской островной дуги. Все изменения  $\Delta g$  можно рассматривать как короткопериодные вариации силы тяжести (КПВ). Природа таких вариаций может быть отнесена к быстроменяющимся сейсмическим процессам, хотя эти вопросы еще не достаточно проработаны к настоящему времени и требуют своего разрешения.

В апреле 1989г были начаты наблюдения за распространением радиоволн. Спустя несколько дней после начала измерений произошло сильное Южно-Якутское землетрясение. Изменения в канале СДВР за 21 апреля 1989 и 1990гг. представлялись ранее [1] и были проинтерпретированы как оперативные предвестники землетрясения.

В 2007 г. на территории Южной Якутии силами института Космофизики при содействии Технического института начаты измерения по изучению реакции ионосферы на сейсмические воздействия. Предполагается решение задач по отработке техногенных эффектов и эффектов от близких землетрясений.

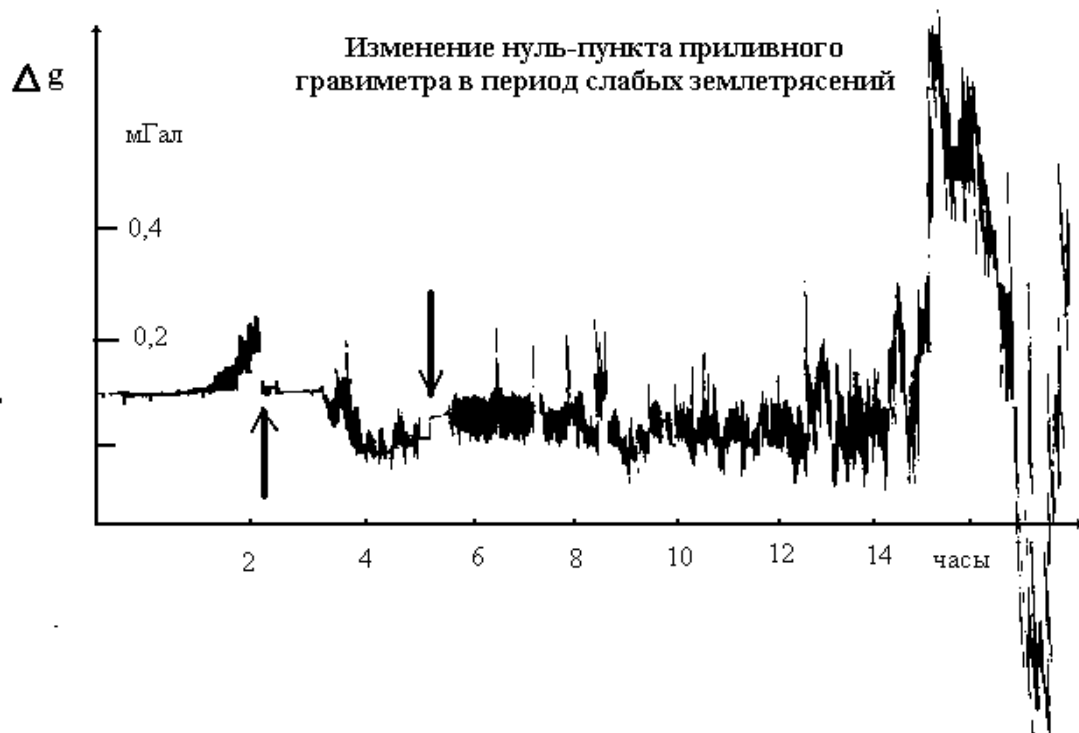


Рис. 2. Короткопериодные изменения нуля-пункта (отмечены стрелками) приливного гравиметра перед землетрясением в 1982 г.

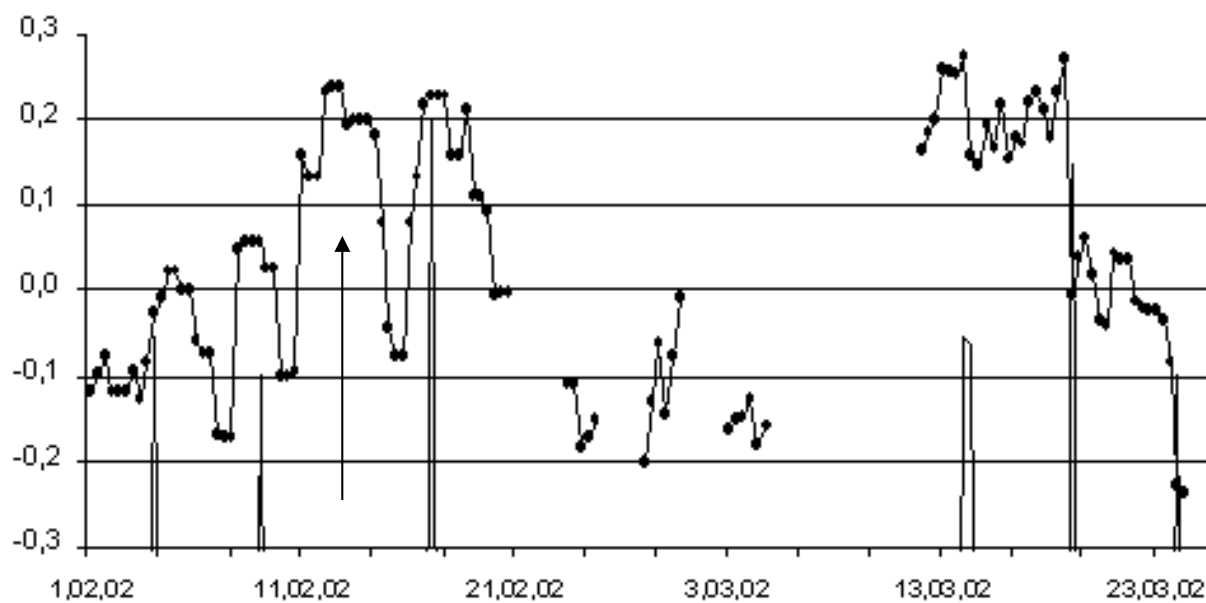


Рис. 3. Остаточные изменения нуля – пункта гравиметра в 2002 г.  
Вертикальные линии – землетрясения 8 – 11 классов. Вертикальная стрелка – изменение за счет влияния дальнего землетрясения



Новым для Южной Якутии направлением является изучение динамики скоростей продольных и поперечных волн по наблюдениям за техногенной сейсмичностью. Первые данные обработки показали, что данный параметр меняется в некоторых пунктах взрывов (рис. 4).

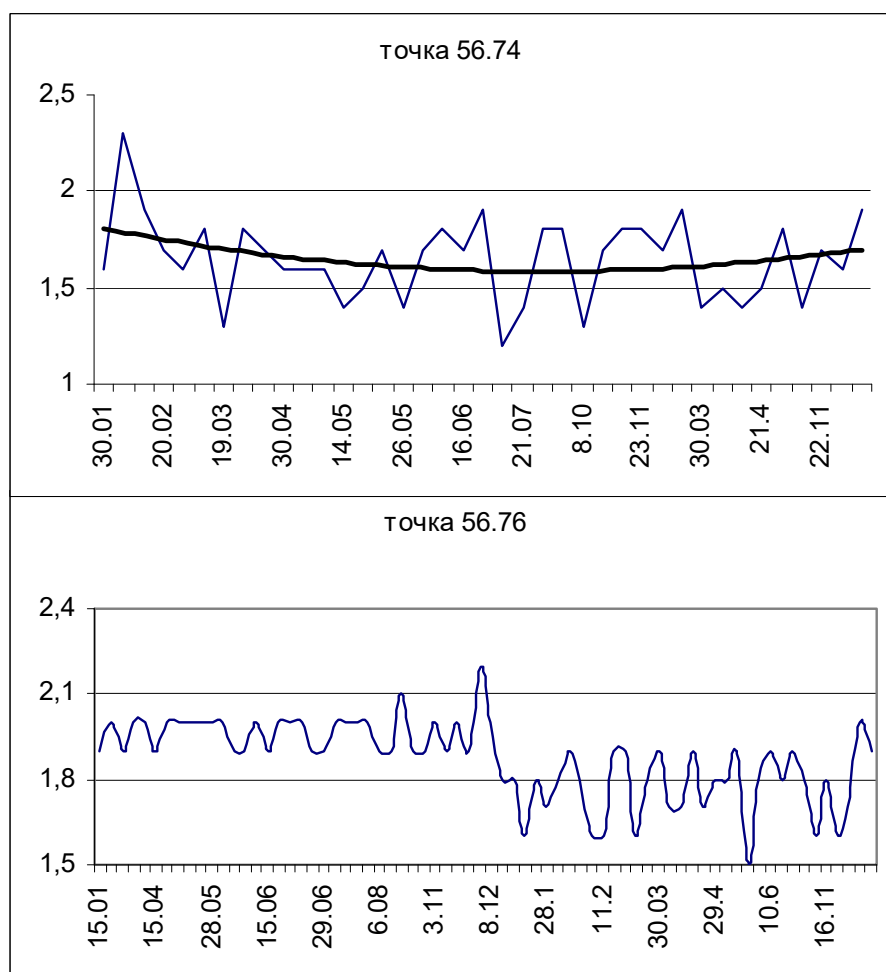


Рис. 4. Изменение кажущейся скорости в течение 2004-2005 гг. по результатам обработки взрывов на разрезе Нерюнгринский

Результаты анализа геофизических полей во время формирования очага землетрясения, в момент основного события, после этого землетрясения, моделирование режимов сейсмического и тектонического процессов и количественные расчеты баланса расхода энергии очага, положили начало основополагающим принципам прогноза землетрясений в Южной Якутии.

Исследование изменений физико-динамических условий и геофизических полей, геохимической обстановки и других явлений приводит к пониманию того, что неперіодические изменения в полях зависят от типа очага, его физико-геологической, динамической и морфо-фациальной модели. Регистрируемые изменения — суть суммарные вариации полей, отражающие общие процессы формирования земной коры. В составе суммарных вариаций имеются наложенные вариации, ответственные за формирование очага, которые находятся в прямой зависимости от вещественного состава, вмещающего очаговую зону. На данном этапе типизация очагов выполнена на основе физико-динамических моделей. Необходимо построение физико-геологической (вещественной) модели. Физическое поле и его вариацию формирует вещество. Оно же, в основном, определяет

распределение поля в пространстве. Поэтому правильная типизация очагов землетрясений является важным процессом дальнейших исследований.

Совместный анализ всех результатов наблюдений позволил сформулировать основополагающие принципы построения системы прогноза землетрясений, в основу которых положена концепция по разработке «прогнозной функции». Прогнозная функция является составной частью физического поля в общей совокупности его вариаций и несущей информацию о формировании очага землетрясения.

Уникальная тектоническая структура, образованная сочленением стабильного Алданского щита и подвижного комплекса Становой складчатой системы, экспериментальный материал, наработанный в течение 25 летнего цикла наблюдений, и теоретические построения являются необходимыми предпосылками для успешного завершения работ.

### **Литература**

1. Трофименко С.В. Модели геофизических процессов в период Южно-Якутского землетрясения 1989 г. // Материалы всероссийской научно-практической конференции 24-27 октября 2005 г. «Сейсмичность Южно-Якутского региона и прилегающих территорий». Нерюнгри, 2005. С. 99-104.

## **К ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ РАЙОНОВ ОСВОЕНИЯ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Джурик В.И., д.г.-м.н., Серебренников С.П., к.г.-м.н., Институт земной коры СО РАН,  
г. Иркутск, dzhurik@crust.irk.ru

Трофименко С.В., к.г.-м.н., Технический институт (филиал) ЯГУ, г. Нерюнгри

В пределах южных районов Якутии природные и техногенные факторы являются определяющими при изменении уровня сейсмического риска [19, 21]. Поэтому, в итоге мы рассматриваем его оценку для двух возможных вариантов: естественного состояния мерзлых грунтов для определенной территории и на случай их деградации [23]. При этом основой для таких оценок является сравнительный анализ проявления сейсмичности при сильных землетрясениях в районах сплошного распространения мерзлых грунтов и в переходных зонах от мерзлых к талым [2, 3].

Трудность анализа заключается в том, что в зонах сплошной и островной мерзлоты сейсмическая активность в одних и тех же местах в течение времени установленного графиком повторяемости, не является непрерывной, начиная со значений магнитуд от 4-5 и тем более достигающих 7-8. В этом случае, статистические экстраполяции распространяются не на ограниченные участки, а на большие территории [1, 20]. Поэтому проводимый нами анализ связи изосейст, температуры и сопутствующих им характеристик мерзлоты является генерализованным, но он, несомненно, будет представлять определенную ценность при переходе к более ограниченным территориям и при проектировании ответственных сооружений. На наш взгляд необходимо показать, что при оценке динамики сейсмического риска осваиваемых южных районов Якутии, важно знать в первую очередь сейсмичность территории ее геологические и мерзлотные данные.

Анализ распределения уровня сейсмичности [9] и распространения мерзлоты [15, 19] на территории южной Якутии показывает, что границы этих зон практически не согласуются. Так районы 7-9 балльных сотрясений вытянуты с запада на восток, а значения отрицательной температуры и мощность мерзлоты, в общем, уменьшаются с севера на юг и юго-восток. Эпицентры рассматриваемых нами землетрясений, расположены в зоне

сплошной мерзлоты, ее температура ниже минус  $2^{\circ}\text{C}$  и островной ( $t = 0-2^{\circ}\text{C}$ ). Для всего региона мы видим значительные вариации, как потенциальной сейсмической опасности, так и температурного поля грунтов. Это позволило изучать физические свойства слоев мерзлоты геофизическими методами в довольно широком диапазоне температур в естественном залегании и получать сравнительные характеристики их поведения при землетрясениях.

В докладе будут приведены основные имеющиеся и полученные нами, на участке от Алдана до Тынды, результаты исследований сейсмических свойств грунтов в зависимости от их состава и состояния, в том числе, и с учетом глубины их залегания до 10-40 м (2006 г.) и от 1 до 10 км (по литературным данным).

В характере изменения скоростей с глубиной отмечаются следующие особенности. В скальных грунтах [4] наиболее вероятные значения скоростей в верхней зоне разреза увеличивается при переходе от воздушно-сухого состояния к водонасыщенному и мерзлому ( $V_p$  от 2,5 до 3,4 км/с и  $V_s$  от 1,1 до 1,7 км/с). С глубиной различия уменьшаются. Это свидетельствует о том, что наибольшим градиентом изменения  $V_p$  и  $V_s$  обладают воздушно-сухие и наименьшим — мерзлые грунты.

В воздушно-сухих песчаных и грубообломочных грунтах скорость Р и S-волн увеличивается при изменении глубины от 2-3 до 30 м в 1,5-3 раза; в водонасыщенных интенсивность роста скоростей с глубиной снижается:  $V_p$  может увеличиваться в 1,2-1,4 раза,  $V_s$  – в 2 раза. В мерзлых грунтах скорости продольных и поперечных волн возрастают в пределах указанных глубин в 1,2-1,4 раза.

Приведенные данные о закономерном повышении скоростей сейсмических волн, мощности мерзлоты и понижении ее температуры при переходе от южных районов Якутии к северным [5, 22], не может не сказываться и на изменении параметров проявления сейсмичности [3, 4]. Это наглядно подтверждает и характер распределения изосейст сильных землетрясений. Вообще, соотношение магнитуды землетрясения, его интенсивности, выраженной в баллах, и размеров изосейст неоднократно рассматривалось и ранее [20]. Исследователями отмечается ярко выраженная асимметрия изосейст отдельных землетрясений относительно эпицентра. Кроме того, они вытянуты либо в одном, либо в двух направлениях. Однако, общая картина наложенных изосейст землетрясений при совмещении их эпицентров выглядит довольно симметрично. Это позволило авторам ввести средние соотношения [1, 17], которые для землетрясений с  $M=5,3-5,5$  характеризуют среднее спадание балльности от 6 до 5 и 4-х баллов с расстоянием от эпицентра 35, 90 и 190 км – соответственно.

Конкретное рассмотрение последствий сотрясений по площади для 4 сильных землетрясений, произошедших в последние 50 лет, приводят к несколько другим результатам. Эпицентры выбранных землетрясений расположены в зоне сплошной мерзлоты и в переходной, от сплошной к островной мерзлоте. Их основные характеристики следующие: Тас-Юряхское 18.01.1967 г. (9-10 баллов,  $M=7$ , ощущалось на площади 1,3 млн. кв. км и на расстоянии более 1100 км от эпицентра) [16]; Южно-Якутское 20.04.1989 (8 баллов,  $M=6,6$ , ощущалось на площади 1,2 млн. кв. км и на расстоянии более 800 км от эпицентра) [12]; Олекминское землетрясение 14.09.1958 г.,  $M=6,5$ , Эпицентр расположен на крайнем востоке Олекмо-Витимской горной страны в бассейне среднего течения р. Олекмы [8], площадь ощутимого потрясения оценивается в 450-500 тыс. км<sup>2</sup>; Зейское землетрясение 02.11.1973.,  $M=5,7$ , эпицентр расположен в Зейском районе Амурской области, интенсивность в эпицентре 8 баллов [11], общая площадь, на которой ощущалось землетрясение, свыше 100 тыс. км<sup>2</sup>. Олекминское землетрясение в отличие от приведенных произошло в условиях сглаженного рельефа, характеризующегося слабой дифференциацией неотектонических движений.

Выделенные по изосейстам преобладающие максимальные и минимальные направления макросейсмических проявлений подтверждает различную степень затухания балльности с расстоянием для зон сплошной и островной мерзлоты. Для первых двух землетрясений, если брать северное направление (Алдан) и южное (Чита, Благовещенск), затухание балльности различаются в 1,5-2 раза. В первом случае (северное направление) среднее спадание балльности от 6 до 5 и 4-х баллов отмечается на расстояниях от эпицентра - 80, 150 и 240 км, во втором (южное направление) – 110, 310 и 580 км, соответственно.

Зейское и Олекминское землетрясения расположены в более сложных сейсмокриологических условиях, однако отмеченные особенности распределения преобладающих направлений интенсивности землетрясений сохраняются. Южное направление для Зейского землетрясения при спадании балльности от 7, 6, 5, и до 4-х баллов отмечаются на расстояниях 80, 120, 200 и 260 км. В направлении распространения сплошной мерзлоты «северное» - 20, 40, 100 и 160 км – соответственно. Для Олекминского Землетрясения, магнитуда которого на единицу превышает предыдущее, спадание балльности в направлении развития островной мерзлоты (юго-восток) и преобладания талых пород (для отмеченных выше значений балльности), характеризуется следующими расстояниями: 140, 200, 300, и 700 км. Для территорий развития твердомерзлых пород (северное направление) - 60, 120, 180 и 340 км – соответственно.

В рассматриваемом регионе преобладающее направление основных разломов и геологических структур близко к направлению с запада на восток, к которому, несомненно, должны тяготеть и максимальные проявления интенсивности сотрясений. В какой то степени, для Зейского землетрясения это подтверждается и в то же время явно прослеживается понижение затухания интенсивности сотрясений в южном направлении, что может быть связано и с увеличением влияния физического состояния приповерхностной части земной коры на величину сейсмических воздействий. Однако это существенно для изосейст <5-6 баллов. Их характер >7 баллов для всех рассмотренных землетрясений определяется в основном силой землетрясения, глубиной очага и его механизмом. Но и в этих зонах встречаются участки, расположенные на одинаковом расстоянии от эпицентра и с различной степенью проявления сейсмичности, достигающей одного балла, что связано с необходимостью детального изучения сейсмических и физических свойств мерзлоты в основаниях исследуемых сооружений. Это будет показано в докладе на примере оценки сейсмической опасности трассы нефтепровода Алдан-Тында.

Для количественной оценки влияния приповерхностной части земной коры на исходные сейсмические сигналы проведены теоретические расчеты акселерограмм, спектров ускорений и расчетных собственных частотных характеристик. Изменения указанных характеристик при полной или частичной деградции мерзлоты будут отражать динамику сейсмического риска. Проследить такие изменения возможно путем построения набора динамических физико-геологических моделей для переходных зон от сплошной мерзлоты к талым грунтам и проведения необходимых расчетов степени изменения исходных сигналов верхней частью земной коры, представленной указанными моделями.

В связи с решением поставленной задачи, на первом этапе были построены девять сейсмических моделей до глубин возникновения землетрясений. Они характеризуются изменением с глубиной акустических жесткостей, продольных и поперечных волн и декрементов их затухания.

Модели соответствуют геологическим разрезам северо-восточной части БСЗ (в пределах криолитозоны - для мерзлых грунтов и для талых - с различной мощностью рыхлых отложений). Конкретно это могут быть районы эпицентральных зон рассматриваемых нами землетрясений, включая и Южно-Якутское [12] средние и южные

районы Якутии и Восточной Сибири. Верхняя часть разреза нами достаточно надежно была изучена в скоростном отношении [7] и некоторые обобщающие их данные приведены выше. В нижележащих слоях значения скоростей Р и S-волн взяты по данным, приведенным в работах [10 и 14]. Декременты поглощения оценены по скоростям поперечных волн в соответствии с методикой изложенной в работе [13].

В качестве исходного сигнала была сформирована акселерограмма для горизонтальной компоненты по методике изложенной в работах [6, 7] с относительно широкополосным спектром. Для этого использовался разработанный нами способ восстановления основного толчка Южно-Якутского землетрясения по его афтершокам [8, 11, 12].

Таким образом, путем построения набора моделей, реализации расчетов изучена в первом приближении динамика сейсмической опасности территорий Якутии расположенных в зонах сплошной и островной мерзлоты. При изучении использовались макросейсмические сведения по сильным землетрясениям, данные комплекса инструментальных измерений и теоретические расчеты с использованием исходного сигнала, соответствующего местному Южно-Якутскому сильному землетрясению.

В результате получен набор параметров, характеризующих изменение сейсмического риска при одинаковых сейсмических воздействиях, для относительно северных и южных районов Якутии (или для различных ее климатических зон). Показано, что переход к южным районам или деградация мерзлоты малой мощности приводят к усилению влияния приповерхностных неоднородностей, которые становятся значительными (сравнимыми с глубинными) на частотах сейсмических колебаний больше 3 Гц.

Проведенные исследования направлены на обеспечение сейсмической безопасности при проектировании комплекса протяженных линейных сооружений в районах Южной Якутии и охватывающих переходные зоны от сплошной мерзлоты к талым грунтам.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 07-05-90111

### Литература

1. Болт Б. Землетрясения. М.: Мир, 1981. 254 с.
2. Винсон Т.С. Мерзлые грунты под динамическими нагрузками // Геотехнические вопросы освоения Севера / Пер. с англ. М., 1983. С. 401-488.
3. Джурик В.И. Динамика сейсмических свойств скальных грунтов // Геологические и экологические прогнозы. Новосибирск: Наука, 1984. С. 26-35.
4. Джурик В.И., Дреннов А.Д., Иванов Ф.И., Потапов В.А. Сейсмические свойства скальных грунтов. Новосибирск: Наука, 1986. 137 с.
5. Джурик В.И., Дреннов А.Д. Влияние глубинных и приповерхностных неоднородностей на динамику сейсмических сигналов // Геология и геофизика. М.: Наука, 1991. С. 98-108.
6. Джурик В.И., Дреннов А.Ф., Басов А.Д. Влияние неоднородных слоистых сред верхней части земной коры на динамику сейсмических сигналов // Тихоокеанская геология. 1999. Том 18. №6. С.3-12.
7. Джурик В.И., Дреннов А.Д., Басов А.Д. Прогноз сейсмических воздействий в условиях криолитозоны. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. 272 с.
8. Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья. М.: Наука, 1966. 230 с.

9. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации, ОСР-97 / Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: РАН, 1999. 57 с.
10. Недра Байкала по сейсмическим данным. Новосибирск: Наука, 1981. 105 с.
11. Николаев В.В., Семенов Р.М., Солоненко В.П.. Сейсмогеология Монголо-Охотского линеамента (восточный фланг). Новосибирск: Наука, 1979. 110 с.
12. Николаев В.В., Голенецкий С.И., Серебренников С.П. Геологические условия возникновения и макросейсмические проявления Южно-Якутского землетрясения 20 (21) апреля 1989 г. // Геология и геофизика. №12. Новосибирск: Наука, 1991. С. 110-118.
13. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность: Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию. М.: Наука, 1988. 224 с.
14. Пузырев Н.Н. Методы и объекты сейсмических исследований. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 300 с.
15. Солоненко В.П. Особенности сейсмических проявлений в условиях вечной мерзлоты // Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы. Новосибирск: Наука, 1977. С. 279-284.
16. Солоненко В.П. Сейсмогеологические условия зоны строительства БАМ / Оперативная информация. Иркутск, 1981. 49 с.
17. Солоненко А.В., Кочетков В.М. Энергетическая классификация землетрясений // Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы. Новосибирск: Наука, 1997. С. 79-92.
18. Сейсмическое микрорайонирование в условиях вечной мерзлоты. Новосибирск: Наука, 1975. 90 с.
19. Сейсмический риск и инженерные решения. М.: Недра, 1981. 374 с.
20. Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы / Отв. ред. В.П. Солоненко. Новосибирск: Наука, 1997. 306 с.
21. Управление риском. Риск, устойчивое развитие синергетика. М.: Наука, 2000. 429 с.
22. Фролов А.Д. Электрические и упругие свойства мерзлых пород и льдов. М., ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. 515 с.
23. Якупов В.С., Ахметшин А.А., Калинин В.М. Оценка времени деградации мерзлой толщи на некоторых участках Хапчагайского мегавала // Тез. докл. Междунар. симпозиума. Ч. 2 "Четвертичные события стратиграфия Евразии и Тихоокеанского региона". Якутск, 1990. С. 85-86.

УДК 332.1(571.56)

### **ОБОСНОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО ПОДХОДА К РАЗВИТИЮ ЭКОНОМИКИ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Егоров Е.Г., д.э.н., академик АН РС (Я), Данилов Ю.Г., Егорова И.Е.,  
Институт региональной экономики, г. Якутск, ire2000@rambler.ru

В условиях централизованной плановой экономики комплексное освоение природных ресурсов локальных территорий осуществлялось путем создания территориально-производственных комплексов. Подобные крупные народнохозяйственные задачи решались по директивам руководства страны на основе научно-обоснованных долгосрочных программ и перспективных планов. Так, например, в 1976 г. было начато формирование Южно-Якутского ТПК, завершение которого намечалось в течение 20-25 лет. Однако, успешно был

осуществлен только его первый этап – создан мощный угольный комплекс на базе освоения Нерюнгринского угольного месторождения, построена железная дорога Нерюнгри – БАМ – Тында – Беркамит, первая очередь Нерюнгринской ГРЭС и город Нерюнгри.

Первоочередными задачами второго этапа формирования ЮЯ ТПК в 1986-2000 г.г. являлись строительство железной дороги Беркамит – Томмот, второй очереди Нерюнгринской ГРЭС, Селигдарского ГОКа по выпуску апатитового концентрата, а также выполнение подготовительных работ по созданию металлургического комплекса, в частности пионерной базы его строительства [1, С. 214]. С большим опозданием из них были реализованы только первые два мероприятия и дальнейшее развитие Южно-Якутского ТПК по существу прекратилось с начала 90-х годов прошлого века. Это было объективно обусловлено тем, что **ТПК-подход** как методология планирования и управления экономикой не мог адекватно применяться в условиях начавшихся рыночных отношений и конкурентного развития производства. Данное наше мнение подкрепляется результатами исследований и других ученых-экономистов [2, С. 2-18].

Как показывает экономическая теория и практика, в развитых странах с рыночной экономикой успешно используется так называемый **кластерный подход**. Он означает совокупность методологических и методических правил и механизмов, с помощью которых обеспечивается формирование и развитие экономических кластеров. **Экономический кластер** – это система фирм и компаний, проектных, научных и образовательных организаций и других хозяйствующих субъектов рыночной экономики, активно использующих инновационные методы деятельности, расположенных в географической близости друг от друга и интегрированных с учетом организационно-технологической взаимосвязанности и, в конечном итоге, функционирующих с единой целью достижения роста добавленной стоимости продукции и ее рыночной конкурентоспособности [3]. Экономическими кластерами могут быть научно-инновационный, образовательный, промышленный, территориально-производственный, региональный и другие системы в различных сферах экономики, в которых имеются благоприятные условия для инноваций, организационно-экономических связей, территориальной концентрации производства и развития конкурентной среды.

В 2006 г. Институт региональной экономики выполнил работу «Обоснование кластерного подхода к развитию алмазно-бриллиантового комплекса в Республике Саха (Якутия)». В результате исследования установлено, что эта отрасль характеризуется важнейшими признаками и факторами развития промышленного кластера. С учетом территориальной и межотраслевой интеграции экономики в Западной Якутии практически формируется территориально-производственный кластер.

В целях ускорения инновационного роста экономического потенциала на основе реализации «Схемы комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия)» считаем необходимым широкое применение кластерного подхода к развитию отраслевых, межотраслевых и территориальных комплексов, а также региональной экономики в целом. При этом следует учитывать, что само внедрение кластерного подхода в экономику является важнейшей формой организационно-экономической инновации.

Бесспорно, что в **Южной Якутии** имеются реальные предпосылки для формирования и развития различных экономических кластеров. В настоящее время функционирующий Южно-Якутский **угольный комплекс** можно рассматривать как отраслевой кластер (рис. 1), который объединяет несколько угольных предприятий, внедряющих инновационные технологии и выпускающих продукцию, конкурентоспособную на внутреннем и внешнем рынках. Он получит еще большее развитие в результате промышленного освоения

Эльгинского и других уникальных угольных месторождений, осуществления вертикальной интеграции и инновационного роста производства, достижения еще более высокой конкурентоспособности отрасли.



Рис. 1. Южно-Якутский угольный комплекс как отраслевой кластер

Одной из крупных отраслей экономики Южной Якутии является золотодобывающая промышленность. По сравнению с другими золотопромышленными районами республики она обладает весьма благоприятными природно-климатическими, экономико-географическими и горно-геологическими условиями развития добычи золота. Вместе с тем для нее отсутствуют «родственные и поддерживающие фирмы, сконцентрированные географически в одной местности, а также «система взаимосвязанных фирм и организаций, значимость которой как целого превышает простую сумму составных частей». Кроме того, в отрасли слабо проявляется конкуренция, как на внутреннем, так и на внешнем рынках. В результате, по-нашему мнению, в нынешних условиях не может формироваться **золотопромышленный кластер**. С приходом в республику крупнейшей российской золотодобывающей компании ОАО «Полюс Золото» ситуация в отрасли вероятно будет меняться.

Для развития в Южной Якутии по **кластерной модели** наиболее перспективны такие отрасли и межотраслевые комплексы как электроэнергетика и черная металлургия [4]. Так как их эффективное создание и функционирование возможно: во-первых, на основе преимущественно инновационных технологий и организационно-экономических решений, во-вторых, при наличии родственных и поддерживающих, вспомогательных и обслуживающих предприятий, проектных, научных и образовательных организаций в географической близости; в-третьих, в условиях развитых транспортной, социальной и рыночной инфраструктур; в-четвертых, при выпуске много-продуктовой, высококачественной и высоко-конкурентоспособной продукции; в-пятых, в результате заинтересованного участия и эффективной поддержки органов государственной власти и управления.

Все эти условия являются основными признаками и факторами возникновения и развития **экономических кластеров**. По нашему представлению, каждый из них может быть отраслевым или межотраслевым с учетом разновременного и интервального их создания по отдельным целевым программам. Однако наиболее целесообразен вариант долговременного развития экономики Южной Якутии по единой комплексной программе. При этом может происходить формирование крупного **регионального экономического кластера (РЭК)**, участниками которого будут почти все фирмы, компании и организации Южной Якутии (рис. 2). Ведущими звеньями Южно-Якутского экономического кластера будут компании



угольной, электроэнергетической, транспортной и металлургической отраслей экономики. Одним из механизмов финансирования проекта комплексного развития Южной Якутии предполагается привлечение средств Инвестиционного фонда РФ.

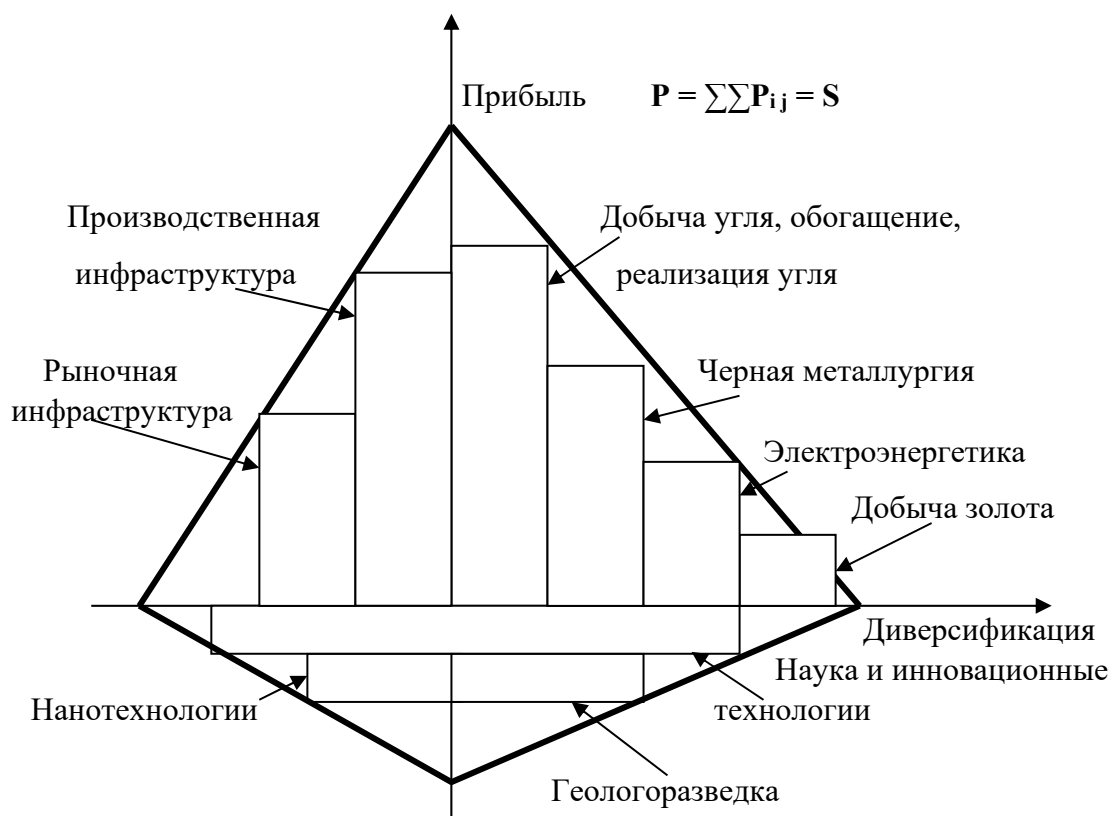


Рис. 2. Схема регионального экономического кластера (РЭК) в Южной Якутии

Кроме того, не следует сбрасывать со счетов и другие источники финансирования, прежде всего банковский и частный российский капитал. В Южной Якутии необходимо открыть крупный банк, возможно филиалы московских или зарубежных банков, которые будут участвовать в финансировании проекта. Кроме того, в регионе уже на данном этапе должны быть созданы республиканские инвестиционная и страховая компании и другие финансовые институты, в том числе венчурный фонд. При формировании РЭК решающую роль призван играть финансовый вектор. В его состав должны войти банки, инвестиционные и страховые компании, различные фонды и другие финансовые институты. Это позволит решить не только вопросы инвестиций в предприятия кластера и их проекты, но и дополнительно увеличить прибыль за счет ускоренного оборота финансовых, технических и материальных ресурсов. В современной экономике наиболее конкурентоспособными на мировом уровне могут быть глобальные мега кластеры с включением в него инвестиционно-финансовых учреждений, активно работающих на денежно-товарных рынках с широким использованием различных инструментов для увеличения общей прибыли участников кластера. В будущем, по мере развития РЭК Южной Якутии может превратиться в мега кластер (рис. 3).

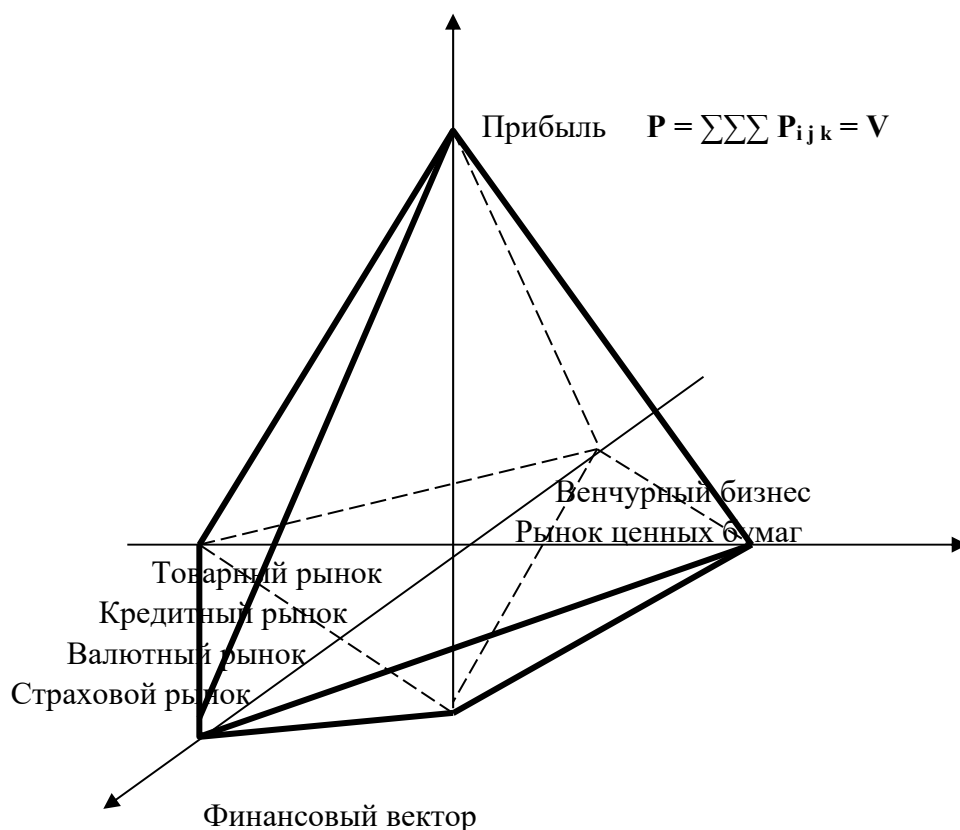


Рис. 3. Схема будущего мега кластера

Участники РЭК должны совместно координировать свою деятельность, обсуждать и принимать решения по важным общим вопросам, обмениваться передовым опытом в сферах производства, экономики и финансов, иметь общую стратегию усиления конкурентоспособности региона на внутреннем и внешнем рынках, следовательно, необходимо организовать общественный Совет участников кластера и обеспечить его систематическое функционирование.

Организация и использование кластерного подхода к развитию экономики Южной Якутии позволит получить существенный синергетический эффект. Однако для этого следует предварительно выполнить большой объем научных исследований, как по теории, так и по практике развития экономических кластеров, а также по разработке целевой программы внедрения кластерного подхода в конкретных условиях Южной Якутии с более полным учетом реальных перспектив развития ее экономики.

#### Литература

1. Егоров Е.Г., Лищенко С.Н. Методологические аспекты исследований экономики Севера. Новосибирск: Наука, 1987.
2. Малов В.Ю. ТПК и кластеры: общее, особенное, частное // ЭКО. 2006. № 11.
3. Портер М. Конкуренция. Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2006.
4. Якутия: размещение производительных сил. Новосибирск: Наука, 2005.

## **ПРОТЯЖЕННЫЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ**

Зильберман С.М., к.т.н., МЭС Сибири, г. Красноярск,  
Самородов Г.И., д.т.н., ОАО СибНИИЭ, г. Новосибирск,  
Кобылин В.П., д.т.н., Кобылин А.В., Седалищев В.А., Ли-Фир-Су Р.П.,  
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск,  
[v.p.kobylin@iptpn.ysn.ru](mailto:v.p.kobylin@iptpn.ysn.ru)

Электроэнергетика России претерпевает глубокие структурные преобразования, связанные с приватизацией и изменением условий ценообразования в области производства, передачи и распределения электроэнергии. Не без влияния этих обстоятельств появились проекты транспорта электроэнергии из Сибири, Якутии и Дальнего Востока в Восточный Китай, Корею, Японию, США (Аляска) и Канаду. В настоящее время рассматривается ряд предложений по созданию межгосударственных связей восточных регионов ЕЭС России с энергосистемами стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР).

Централизованная энергетика Якутии сегодня представляет собой три автономно работающих энергорайона – Центральный, Западный и Южный. Предприняты первые шаги по строительству системообразующей ВЛ-220 кВ в Южной Якутии между Нерюнгринской ГРЭС и Якутском; тем самым положено начало созданию на территории республики объединенной энергетической системы (рис. 1).

На современном этапе эти энергоузлы имеют тенденцию к перерастанию в автономные энергосистемы с центрами нагрузки на Западе, Юге и Центре Якутии. Дальнейшее развитие промышленности на базе новых сырьевых ресурсов, Эльгинского угольного комплекса, Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения, Накынского поля и других усиливает экономические преимущества объединения автономных энергорайонов в объединенную энергосистему республики. На данном этапе формирования энергосистемы проектными организациями планируются системообразующие ВЛ на напряжении 220кВ, а в перспективе – на напряжении 500кВ и выше.

Выбор напряжения перспективных линий электропередачи и системообразующих связей должен рассматриваться на основе существующих и перспективных связей с сопредельными энергосистемами Сибири, Дальнего Востока и странами АТР.

Установленная мощность электростанций восточных регионов ЕЭС России [1], ОЭС Сибири и ОЭС Востока составляет 52,5 ГВт. В их составе ОЭС Сибири является потенциально избыточным энергообъединением, обеспеченным гидро- и энергоресурсами. В Якутии и на Дальнем Востоке имеются потенциальные возможности для создания крупной топливноэнергетической базы, способной обеспечить не только собственную потребность регионов, но и экспортные поставки.

Развитие промышленности Южной Якутии и необходимость улучшения социальных условий проживания населения требуют соответствующего развития энергетической базы. Создание её до сих пор велось на основе местных топливных ресурсов. Крупнейшим энергообъектом в районе стала Нерюнгринская ГРЭС, мощность первой очереди которой 570 МВт, планируется сооружение второй очереди – с доведением мощности станции до 1260 МВт. Рассматриваются возможности строительства ГРЭС на углях Кангаласского месторождения, Вилуйском газе и освоения значительных запасов возобновляемой гидроэнергии.

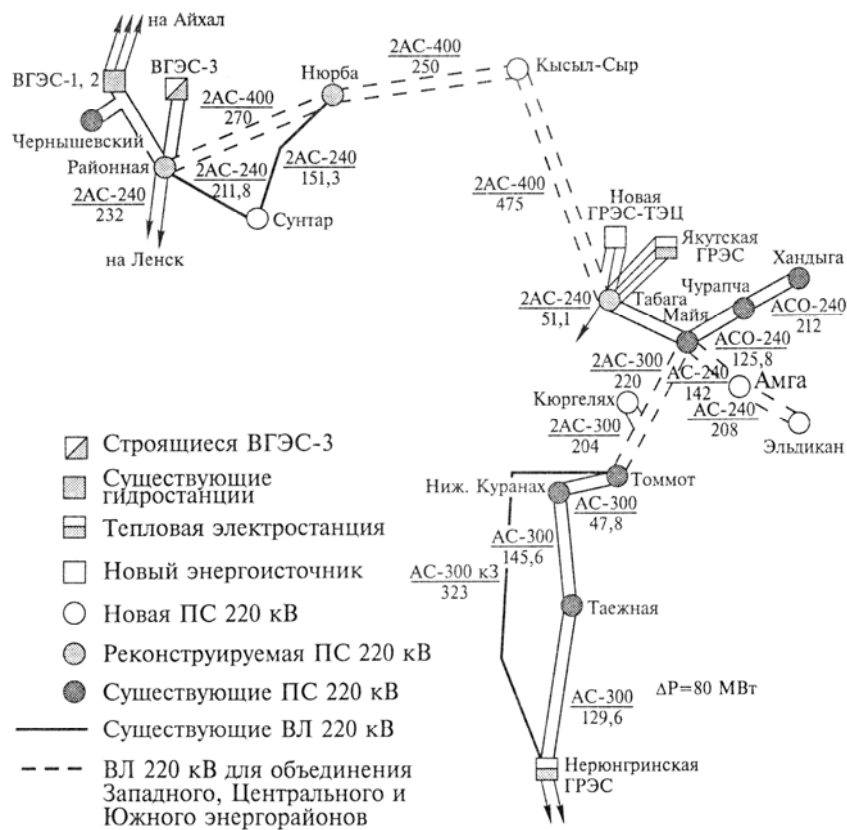


Рис. 1 Схема объединения Западного, Центрального и Южного энергорайонов

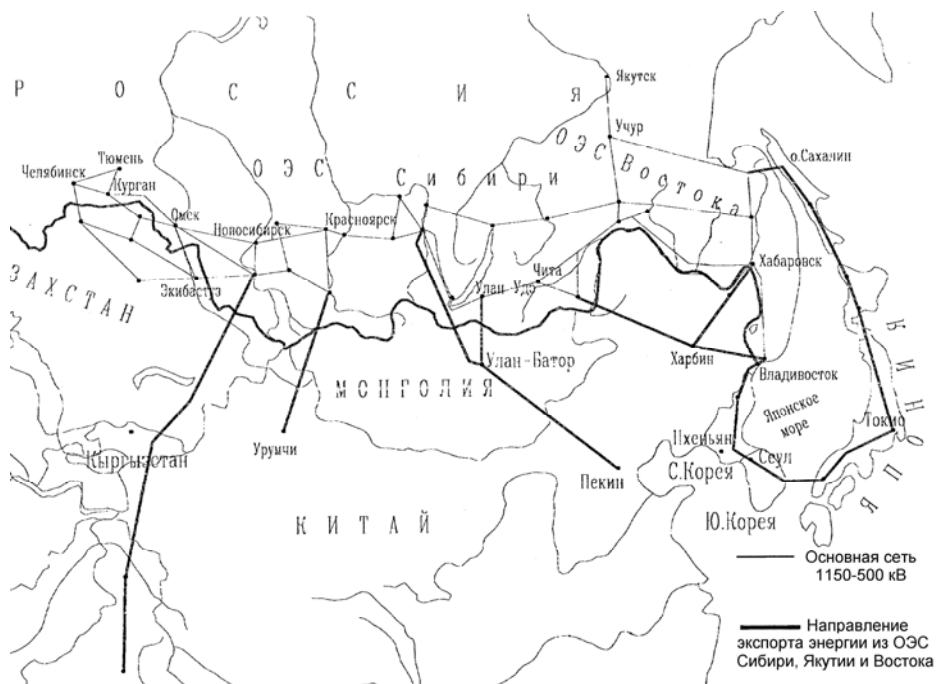


Рис. 2. Возможные направления транспорта энергии из ОЭС Сибири, Якутии и Востока в страны Азиатского региона

Необходимо отметить, что Якутия, как субъект РФ, обладает значительным потенциалом гидроэнергоресурсов и имеет достаточные предпосылки значительного увеличения, в будущем, вклада Республики в обеспечение энергоресурсами стран Восточной

Азии и расширение взаимовыгодного сотрудничества, одним из важных направлений которого является, в частности, реализация проекта создания энергомоста Россия - Япония, где в качестве источников мощности предлагается строительство гидроэлектростанций на реках Учур и Тимптон в Южной Якутии.

Общая потенциальная мощность всех рек Южной Якутии составляет 18,6 ГВт с запасом потенциальной энергии 163 млрд. кВт·ч/год. Часть этого потенциала, расположенная на реках Учур и Тимптон, может быть использована, в том числе, и для экспорта электроэнергии в Японию. В качестве первоочередного строительства была выбрана Средне-Учурская ГЭС на реке Учур. Её установленная мощность оценивается в 3,3 ГВт с годовой выработкой электроэнергии 15 млрд. кВт·ч. Станцию предполагается разместить в Алданском улусе Республики Саха (Якутия) примерно в 180 км от устья р. Учур [2].

В настоящее время возрастают роль и значение Дальне-Восточного энергетического района в современном и перспективном развитии экономики страны, в укреплении его позиции в АТР. В этом обширном регионе имеются благоприятные условия для широкомасштабного освоения природных ресурсов, в ряде случаев, не имеющих альтернативных решений. Объединенная энергосистема Востока, включающая три энергосистемы – Амурскую, Хабаровскую и Дальневосточную (Приморский край) – является наиболее крупным энергообъединением в регионе Востока и работает в настоящее время раздельно с ЕЭС России; установленная мощность электростанций ОЭС Востока – около 10,5 ГВт.

Амурская, Дальневосточная, Хабаровская энергосистемы и Южно-Якутский энергорайон на межрегиональном уровне сегодня связаны между собой линиями электропередачи 220-500 кВ и образуют ОЭС Востока. Внутрисистемные электрические связи сформированы на напряжениях 500, 220, 110 и 35 кВ. Ввиду особенностей географического расположения ОЭС Востока, электрические сети имеют преимущественно «цепочечный» характер. Длина цепочки от Юга Якутии до Владивостока составляет 2500 км. Формируется кольцевая сеть 500кВ для связи Дальневосточной и Хабаровской энергосистем. Цепочечную электропередачу можно рассматривать как каскадное соединение обычных дальних электропередач компенсированного типа. Основным недостатком такой передачи заключается в том, что её пропускная способность ограничивается условиями устойчивости. Однако существует ряд путей, позволяющих довести пропускную способность цепочечной электропередачи до уровня, и даже выше, передачи постоянного тока. В первую очередь, здесь имеется ввиду, установка на промежуточных подстанциях управляемых источников реактивной мощности.

Географическое положение Северо-Востока России создает благоприятные предпосылки для электрических связей с соседними странами. Первые шаги в этом отношении сделаны. Сегодня действуют две межгосударственные линии электропередачи Россия – Китай [3] на направлениях из Амурэнерго в изолированные районы провинции Хэйлуньцзян: Благовещенск – Хэйхэ и Сиваки – Шипучжань. В 1997-1998 гг. РАО ЕЭС России были проведены исследования по созданию энергокомплексов по производству электроэнергии на Сахалине и в Якутии для экспорта электроэнергии в Японию, Китай, Корею. В связи с этим предусматривается строительство каскадов ГЭС на р. Учур мощностью 3,7 ГВт и на р. Тимптон – 1,3 ГВт, на Сахалине – угольной станции мощностью 2 ГВт и парогазовых установок – 4 ГВт. Передача мощности в Японию может составлять [2] от 20 млрд. кВт·ч на первом этапе и до 60 млрд. кВт·ч при полном вводе всех объектов.

В проектах межгосударственных электрических связей (МГЭС) [1,4] делается акцент на варианте передачи энергии по энергомосту постоянного тока  $\pm 650$ кВ протяженностью

около 3000 км (рис. 2) от ГЭС в Южной Якутии до островов Хоккайдо и Хонсю через остров Сахалин с двумя подводными кабельными переходами через проливы Лаперуза протяженностью 50 км и Татарский – 10 км. Второй вариант предусматривает связь между островами Сахалин и Хонсю подводным кабелем, минуя сушу Японии.

Проблемы, связанные с передачей энергии постоянным током [6] заключаются, прежде всего, в отсутствии совершенных вентилях, низких единичных номиналах по напряжению и току и большом разбросе вольт-амперных параметров тиристоров. Особенностью высоковольтных регулирующих органов (РО) в преобразователях переменного и постоянного тока является последовательное соединение силовых тиристоров в фазах и полюсах. Их количество определяется соотношением рабочих напряжений одного тиристора и может достигать для высоковольтных ВЛ десятков и сотен штук. Поэтому возникает сложная задача равномерного распределения прямых и обратных напряжений между тиристорами в столбе.

Не менее важной является задача обеспечения строгой одновременности включения последовательно соединенных тиристоров, так как по технологическим причинам они имеют значительный разброс временных и вольт-амперных параметров. Это одна из главных причин перенапряжения на ключе и пробоя тиристора при передаче импульсов управления с потенциала земли на потенциал фазы импульсными трансформаторами.

Существуют разные точки зрения о том, какой тип электропередачи является наиболее оптимальным, для выдачи электрической энергии на большие расстояния, но все же во всем мире сегодня получила признание трехфазная система переменного тока, как наиболее простая и надежная в плане передачи, распределения и отбора мощности. Новые разработки [5] в области трехфазной воздушной линии позволяют увеличить её натуральную мощность в два и более раза в сравнение с натуральной мощностью традиционной трехфазной ЛВ. Высокая стоимость преобразовательных подстанций передачи постоянного тока, которая в 2,5-3 раза превышает стоимость подстанций переменного тока, ставит под сомнение такой путь повышения эффективности и надежности, несмотря на кажущийся выигрыш в уровне изоляции.

Опыт эксплуатации передач постоянного тока в нашей стране сравнительно мал и связан, в основном, с опытно-промышленной передачей постоянного тока Волгоград-Донбасс напряжением  $\pm 400$  кВ и передаваемой мощностью 750 МВт. Напряжение освоенных ППТ за рубежом тоже не превышает  $\pm 500$  кВ, а передаваемые мощности 2-3 ГВт.

Передача электрической мощности переменным током на расстояния до тысячи километров в настоящее время решается успешно. Однако дальнейшие электропередачи переменного тока, компенсированные и с подпорами напряжения на расстояния 1500-3000 км, в сравнение с электропередачами постоянного тока, малозкономичны, т.к. требуют больших дополнительных затрат на компенсирующие и регулирующие устройства.

Преимущество трехфазных электропередач можно в значительной степени или полностью восстановить, если использовать принцип настройки линии на полуволну [5]. Полуволновые линии и линии настроенные на полуволну, обладают двумя очень важными свойствами: - большим запасом статической устойчивости и независимостью напряжений от нагрузки на отправном и приемном концах линии, то есть они не нуждаются в дополнительных установках реактивной мощности для обеспечения статической устойчивости и режима напряжения в линии. К тому же, пропускная способность таких ВЛ увеличивается до  $2P_{\text{нат}}$ . Последнее достоинство настроенной ВЛ представляет определенный интерес при сооружении протяженных и системообразующих ЛЭП в условиях Крайнего

Севера. К недостаткам полуволновых ВЛ (ПВЛ) следует отнести сложность промежуточного отбора мощности.

Исследования последних лет в области режимных вопросов протяженных и системообразующих ЛЭП позволяют рекомендовать для отбора мощности из ПВЛ и стабилизации режима напряжения у потребителя, разработанное в Институте ФТПС устройство регулятора-стабилизатора напряжения тиристорной системы (РСНТ) [6]. Оно имеет достаточную глубину регулирования напряжения (40%) и высокое быстродействие (0,25Т). В аварийных ситуациях способствует мгновенному ограничению токов перегрузки и короткого замыкания за счет искусственной коммутации ключей.

Такое решение позволит на территории своего государства, при необходимости, отбирать мощность вдоль энергомота МГЭС.

#### **Литература**

1. Кучеров Ю.Н., Ляшенко В.С., Смирнов И.М., Кобец Б.Б. Развитие межгосударственных электрических связей восточных регионов ЕЭС России со странами АТР // Восточная энергетическая политика России и проблемы интеграции в энергетическое пространство АТР. Иркутск, 1998. С. 273-286.
2. Ларионов В.П., Ноговицын Д.Д., Соломонов Н.Г., Роббек В.А. Социально-экологические последствия реализации энергомота Россия-Япония в Южной Якутии // Восточная энергетическая политика России и проблемы интеграции в энергетическое пространство АТР. Иркутск, 1998. С. 363-372.
3. Авдеев В.А., Огнев А.Ю., Филатова А.Д. Предпосылки и перспективы объединения энергосистем Дальнего Востока России и стран Северо-Восточной Азии. // Восточная энергетическая политика России и проблемы интеграции в энергетическое пространство АТР. Иркутск, 1998. С. 315-320.
4. Кощев Л.А. Роль электропередач постоянного тока в образовании объединения энергосистем Северо-Восточной Азии // Восточная энергетическая политика России и проблемы интеграции в энергетическое пространство АТР. Иркутск, 1998. С. 321-329.
5. Самородов Г.И. Трехфазные электропередачи и оценка эффективности их использования для выдачи мощности ГЭС «Три ущелья» в район Восточного Китая // Восточная энергетическая политика России и проблемы интеграции в энергетическое пространство АТР. Иркутск, 1998. С. 447-461.
6. Кобылин В.П., Обрусник В.П., Дордин Ю.Р., Кобзев А.В. и др. Устройство для автоматического регулирования напряжения линии электропередачи. А.с. СССР №1473004, 1990.

### **О РЫНОЧНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И МЕТАЛЛУРГИИ РЕСПУБЛИКИ САХА ДО 2050 г**

Кудрин Б.И., д.т.н., профессор,  
Московский энергетический институт (Технический университет), г. Москва

Первое место Саха-Якутии среди регионов России по природно-ресурсному потенциалу, достигнутый и ожидаемый объем инвестиций, сложившийся кадровый и научный потенциал позволяют говорить о концепции рыночной электрификации Республики, обеспечивающей: а) энергетическую самодостаточность и устойчивый экспорт электроэнергии; б) развитие перерабатывающих производств, опирающихся на металлургию и специфику месторождений, и опережающе – сферы услуг; в) сохранение существующих

поселений, разработку стратегии заселения новых территорий с развитием самобытных культур при электрификации мелких хозяйств в объеме, обеспечивающем товарное производство; г) диверсификацию сырьевой направленности экспорта; д) обеспечение комфортности жизни и труда (включая экологию).

Предлагаемая концепция мировоззренчески (теоретически) отличается от плана ГОЭЛРО (1920), когда из трёх возможных путей электрификации за основу была взята идеология – централизовать энергию всей страны: «Самой радикальной мерой было бы, несомненно, если бы государство взяло в свои руки не только производство электрической энергии, но и передачу ее даже мелким потребителям, иначе говоря, ввело бы производственную и торговую монополию» (П. Гуревич. Электричество. 1913. № 2–3. С. 34). Именно по этому пути шла страна до начала рекструктуризации электроэнергетики, когда вернулись к пути, считавшемуся лучшим еще в 1913 г. (с поправкой на атомную энергетику).

План ГОЭЛРО включал: опережающее развитие тяжелой промышленности; концентрированное сооружение промкомбинатов на базе энергоцентров; строительство городов на базе градообразующих предприятий; опережающее развитие электрификации при концентрации мощностей и централизации электроснабжения. Теоретически план основывался на классической науке того времени, когда считалось, что всё можно рассчитать и запланировать, получив однозначный ответ, определяемый начальными данными (позднее – на постклассических представлениях вероятностного описания мира, распределениях с математическим ожиданием и конечной дисперсией).

Я говорю о новых постклассических основаниях ценологического мировоззрения, о новой негауссовой математике  $H$ -распределений, на которые следует опираться при принятии ключевых экономических и технических решений, при прогнозировании построения, функционирования и развития сообществ (ценоз – *cénose*) объектов любой природы. Для дальнейшего представляют интерес две ценологические модели: а) видовое гиперболическое  $H$ -распределение

$$\Omega(x) = \frac{W_0}{x^{1+\alpha}}, \quad (1)$$

где  $x \in [1, \infty)$  – непрерывный аналог численности  $i = [x] = 1, 2, \dots$  элементов – штук – особей, каждая из которых классифицируется как вид (наименование, типоразмер, модель и пр.);  $W_0$  – теоретическое значение первой точки (ноевой касты);  $\alpha > 0$  – характеристический показатель; и б) ранговое по параметру  $H$ -распределение

$$W(r) = \frac{W_1}{r^\beta}, \quad (2)$$

где  $r = 1, 2, \dots$  – ранг; для  $r = 1$  первая точка  $W_1$  – объект (особь) с наибольшим значением параметра;  $0,5 < \beta < 1,5$  – характеристический показатель.

Видовое (1) и ранговое по параметру (2) распределения относятся к негауссовым, для которых теоретически отсутствуют математическое ожидание (неприменимо понятие среднего), а дисперсия бесконечна (ошибка при принятии решения в точке – сколь угодно велика). Применим изложенное к тренду Якутии по электропотреблению среди 72 регионов России в критическое 10-летие [1]. По Якутии с 1990 г. оно снизилось с 7,3 до 6,2 млрд кВтч (1999). Важно, что за 10 лет рейтинг повысился с  $r = 44$  до  $r = 40$  (хотя к 1993 г. и падал до  $r = 46$ ). Тренд Якутии совпал с трендом Москвы (73,4 – 1990 г.; 61,9 млрд кВтч – 1999 г.). Это, а также увеличение рейтинга Якутии свидетельствует о более высоком уровне её управления. Вот сравнительная таблица изменения рейтинга за 1990–1999 гг.:



Иркутская область	с 3 на 2	Читинская область	с 43 до 53
Красноярский край	с 5 на 4	Саха-Якутия	с 44 на 40
Приморье	с 27 до 30	Амурская область	с 46 до 48
Хабаровский край	с 30 до 37	Магаданская область	с 62 до 64

Выполненный *H*-анализ, называемый структурно-топологическим, позволяет говорить об устойчивости электроэнергетики в те годы (в отличие от черной металлургии [2]): характеристический показатель для неё находился в пределах, предсказанных теорией  $\beta = 0,93 - 0,98$ . Соотношение в ценозе – сообществе установленные турбины Минэнерго по (1) также оказалось в теоретических пределах:  $\alpha = 0,63$ ;  $W_0 = 48,1\%$  от общего количества 1828 штук-особей, оказавшихся 298 видов-типоразмеров (ценологическая теория определяет 40–60% как величину единичных видов – ноеву касту, охватывающую 5–10% общего числа штук-особей установленных турбин).

С изложенных позиций обратимся к созданию Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса, одного из перспективных территориальных энергопромышленных комплексов на Востоке Российской Федерации. Безусловно, что речь идет именно о комплексном подходе, который, в общем случае, должен быть дополнен ценологической оценкой. Для Якутии решения по ГЭС и ГРЭС во многом завязаны решениями о строительстве электростанций на Алтае и в Сибири. Их все пока характеризует долгострой, уже составляющий 6–10 лет. Но если, скажем, окончание строительства Туруханской ГЭС счесть реальным к 2020 г. (установленная мощность 12, среднесуточная 7 ГВт, при среднегодовой многолетней выработке 50 ТВтч), то сооружение ГЭС Южно-Якутского узла окажется в части экспорта электроэнергии в Китай под вопросом из-за вдвое больших удельных капитальных вложений.

Следует учитывать и в определенной степени конкурирующие ГЭС: Шилкинскую (Чита) с ожидаемой среднемноголетней выработкой 3000 ГВтч; Нижнениманскую (Хабаровск) – 1800 ГВтч; три в Амурской области: Нижнее-Бурейскую (1600), Гриматухинскую (2000), Гилюйскую (1200). Именно на этом фоне следует рассматривать гидроресурсы бассейна Лены (Учур, Тимптон, Олекма) и планами на первом этапе строительства ГЭС мощностью 5000 МВт с ежегодной выработкой 23,5 млрд кВтч, на отдаленную перспективу - 8000 МВт к 2030 г. с выработкой 40 млрд кВтч.

Анализ хода индустриализации, осуществленной в стране в 26–90-е годы прошлого века; рассмотрение сроков строительства и организации привлечения людских ресурсов; конечное соотношение: электрическая мощность градообразующего предприятия – объемы инвестиций по годам – число жителей города [2–5] говорят, что 8 ГВт и 40 ТВтч для Якутии могут служить ориентиром лишь на 2050 г. Сошлемся на Магнитогорский металлургический комбинат, строительство которого началось с 1929 г. [6], а проектирование – с 1926 г., и активно продолжалось (и продолжается), сделав его крупнейшим с производством в 1990 г. чугуна 11,3 млн т, проката 12,4 млн т. В результате 60-летнего строительства максимальная нагрузка не превзошла 850 МВт; электропотребление 5,5 ТВтч; жителей города – близко к 500 тыс. (см. сайт: kudrinbi.ru).

При рассмотрении только эффективности Южно-Якутского комплекса возникает вопрос о прогнозном потреблении, официально оцениваемом к 2030 г. величиной мощности 2000 МВт и электропотреблением 11 ТВтч. В то же время проектно полагают, что установленная мощность двух Учурских ГЭС и двух Тимптонских составит в сумме 5000 МВт при среднесуточной 2500 МВт, среднемноголетней 23,5 ТВтч, годовой продолжительности использования установленной мощности не менее 4700 тыс. Тогда эти

планы уходят за 2030 г. Хотя водно-энергетические показатели достаточно благоприятны, обеспечивая половинную установленную мощность в зимний период (декабрь) в маловодных условиях, но следует иметь в виду важный фактор, что инвестиции в строительство Учуро-Тимптонских ГЭС требуют больших удельных капитальных вложений (в 2 раза по сравнению с КЭС на местном угле) с учетом сетевого строительства, необходимого, в том числе, и для экспорта электроэнергии в Китай (февральские события с отказом Китая брать энергию с Бурейской и Зейской ГЭС заставляют задуматься). Отметим, что проектное решение о строительстве ГЭС было принято в 1989 г., а сама реализация решения осуществляется 7-й год.

Большой объем требующихся инвестиций и необходимость принятия решения по плану (порядку) строительства на период до 2020 г. и отдаленную перспективу до 2050 г. в столь сложных условиях, при множестве возможных вариантов концентрации и интенсификации строительства, требуют дополнительно к приведенным исследованиям выполнения ценологической оценки.

Сущность ее предполагает: 1) использование (2) для ранжирования по величине установленных и среднесуточных мощностей; среднегодовой выработке всех электростанций, намечаемых к строительству; удельным капитальным вложениям и пр. (вариантно включая действующие) от Алтая, Кузбасса, Красноярска до Магадана и Приморья; 2) анализ по (1) установленных и намечаемых к установке (модернизации) турбин (и другого ключевого оборудования) по основным параметрам, т. е. уточнение классификации по видам для увеличения унификации при изготовлении и поставке с одновременным сохранением (увеличением) разнообразия по экономико-ценологическим критериям. Применительно к Якутии такой анализ, как того и требует ценологическая теория, предполагает выделение Республики в целом, поскольку она по энергетическим, добычным, промышленным параметрам образует технический ценоз. Последующее выделение Южной Якутии по энергетике спорно, так как не очевидно, что ценоз сформировался (предприятия еще, может быть, не «притёрлись» друг к другу).

Применение ценологической математики позволяет: 1) объективно, имея в виду энтропийные ограничения закона информационного отбора [2, 5, 7], с одной стороны, наиболее эффективно распределить возможные выделяемые ресурсы, с другой – оценить ожидаемые результаты по каждой точке  $H$ -кривой (по каждому объекту-особи); 2) выявить аномальные точки по гиперболе [8] для последующего принятия эффективного решения; 3) провести структурно-топологический  $H$ -анализ годового (месячного) относительного изменения параметра [9] при заданности общего ресурса.

Предлагаемый подход концептуально не нов. Распределение Парето, сформулированное в 1897 г. применительно к доходам граждан одной страны, по результатам 2006 г. в децильном представлении обсуждается Правительством России, констатируется его искажение, предлагается ряд мер по борьбе с бедностью. Ранее Президент Российской Федерации с цифрами в руках указал на нарушение соотношения 10:1 в доходах по стране. Очевидно, что за 100 лет математические модели описания ценозов изменились [10], а область их применения охватила все виды деятельности и все реальности (физическую, биологическую, техническую, информационную, социальную).

Решая проблему «электрификации всей страны», подчеркнём, что ГОЭЛРО и весь ход дальнейшего развития электроэнергетики лишь провозглашали такую необходимость, но ни экономически, ни технически её даже не рассматривая. Политически же решения о ликвидации кулачества как класса в 30-е годы, неперспективных деревень в 60-е (и после) уничтожили свыше 1 млн мелких и средних электростанций (прежде всего на возобновляемых источниках энергии).

Электрификация всех поселений Якутии должна опираться на ценологический *H*-анализ и соответствовать ценологическим ограничениям, предполагая обязательность политического решения. По оценке, сейчас 60% территории и 30% населения Республики остаются вне зон централизованного электроснабжения, темпы нового строительства ЛЭП 6(10) и 0,4 кВт не растут, а реконструкция старых не увязана с амортизацией. Дизельные электростанции обслуживают 2/3 территории Якутии (более 2 млн кв. км) с населением свыше 180 тыс. человек. Доля их выработки составляет 6,4% республиканского производства электроэнергии, а затраты на ее производство и распределение – 32,8%.

Сама проблема не нова. В самом начале XX века Австро-Венгрия озаботилась электрификацией своих провинций (Богемия, Моравия, Силезия, Галиция, Буковина) и оценила, что надо сделать по каждой. Приведем (не полностью: не включены потерявшие практическую ценность различные расчетные коэффициенты, удельные и общие стоимости) данные по двум провинциям [11]:

	Площадь, кв.км	Число жителей, чел.	Число населенных пунктов, шт	Общая длина ЛЭП, м
Моравия	22315	2662884	3245	914754
Прикарпатская Русь	12656	606598	482	2655110

Подобная работа, модельно использующая (1) и (2), может быть выполнена научно-экономическими кадрами Якутии, которым известна ценологическая постановка (со стороны моей научной школы необходимые консультационные услуги будут оказаны). Для каждого поселения должны быть указаны: расчетная мощность и объемы электропотребления, источник питания, количество и параметры существующих (проектируемых) генерирующих установок, сведения по электрическим сетям. Цель – рассмотреть: 1) экономическую целесообразность подключения потребителя (население, предприятие) к централизованной электрической сети; необходимую и достаточную экономически приемлемую длину ЛЭП (с включением эксплуатационных); 2) все возможные возобновляемые источники энергии (с привязкой каждого к конкретному потребителю) с учетом мировых тенденций по использованию вторичных ресурсов и снижению их стоимости (кВт и кВтч). Речь идет о направленной замене углеводородов вплоть до установки уже изготавливаемых мини-АТЭЦ (необходимо использовать и круглогодичную «солнечность» Якутии).

Именно выстраивание *H*-кривой, начиная с единичных (новых) крупных ГРЭС и ГЭС и кончая саранчевыми хвостами генерирующих мощностей 5–10–20–50–1000 кВт, сделает Республику Саха-Якутия самодостаточной по энергообеспечению, сформирует стратегию электрификации и развития промышленности до 2050 г., тем самым, сделав существенный вклад в энергетическую безопасность России [7, 12]. Но всё это требует политического решения о принятии региональной концепции общей электрификации.

Применим ценологический подход к одному из потребителей, существенно определяющих будущее Южной Якутии. Речь идет о строительстве крупного металлургического завода (комбината), местом которого проектом Гипромеца определен г. Чульман (41 км к северу от Нерюнгри). Железные руды Анданской провинции (месторождения «Таежное» и «Десовское»), а также Тарыннахское и Гаринское; угли нерюнгринские, а затем и эльгинские обеспечивают надежную сырьевую базу развития черной металлургии. В районе уже есть ТЭЦ и линии ВЛ 110 и 220 кВ, достаточные для

начала строительства. Существующая и продолжающаяся строительством железная дорога Сковородино–Тында–Нерюнгри–Алдан–Тиммот–Якутск (к сожалению, однопутка) обеспечит снабжение сырьем и вывоз готовой продукции.

Металлургический комбинат принят работающим по классической коксодоменной технологии и будет выпускать среднюю и тонкую горячекатаную полосу в рулонах, сортовой прокат, проволоку и товарную литую заготовку. Прокат и заготовки будут из углеродистых сталей обыкновенного качества, из углеродистых и легированных конструкционных сталей, а также из низколегированных сталей (в том числе в «северном исполнении»). Объем производства готового проката – 4,4 млн т/год, а товарной литой заготовки – 1,65 млн т/год. Состав комбината: две доменных печи полезным объемом 2х3200 м<sup>3</sup>; конвертерный цех с конвертерами емкостью 2х300 т с четырьмя машинами непрерывного литья заготовок слябовых и сортовых; прокатное производство (литейно-прокатный агрегат, мелкосортно-среднесортный и проволочный станы). Решение о строительстве с 2010 г. и составе комбината в целом правильно.

Проектная история строительства комбината началась вместе со строительством БАМ. В 70-е годы Сибгипромез (Новокузнецк) выполнил технико-экономический доклад, где рассмотрел четыре площадки и несколько вариантов по составу. Однако задание Предсовмина Н.А. Тихонова о строительстве трех мини-заводов, в том числе Дальневосточного (Комсомольск-на Амуре) с годовой производительностью 1 млн т стали/год сняло вопрос. В 80-е годы Гипромез (Москва) разработал ТЭО, обосновывающее необходимость строительства на Востоке крупного металлургического комбината на 10 млн т/год. В настоящее время отсутствуют варианты проработки ООО «Гипромез» по рассматриваемому комбинату, а они, на мой взгляд, должны быть выполнены вместе с другими организациями, заинтересованными в решении вопроса.

Существуют нетехнологические препятствия строительству: а) высота 900–940 м – предел для нормативного исполнения электрооборудования; б) низкая температура: абсолютный максимум +40°C; абсолютный минимум –60°C; средняя температура возможной пятидневки –56°C; в) вечная мерзлота при глубине промерзания 3,0–3,5 м. Если а) лишь повышает стоимость строительства; б) – затраты на металлоконструкции, теплоизоляцию и последующее отопление, то в) ставит вопросы: 1) о возможности такого строительства, если отсутствуют скальные основания и не будут найдены малосжимаемые грунты, деформация которых при оттаивании не превышает допустимых значений для столбчатых фундаментов и свайных оснований; 2) о проблемах эксплуатации, связанных с большими тепловыделениями, прежде всего в заглубленной части сооружений и в энергетических коммуникациях, и с неизбежным «проливом» воды.

Строительство собственно ТЭЦ с паровыми турбинами по 60 МВт; прогрессивные решения по коксовому цеху, заключающиеся в технологии NR/HR без улавливания химвыводов (отказ от химического крыла), позволяют вырабатывать до 1600 ГВтч/год; сооружение ГУБТ 2х12 МВт за доменными печами; сооружение электровоздушной станции с приводами 20 МВт – всё это вместе требует от энергосистемы 600 ГВтч при годовой потребности завода около 4 млрд кВтч.

Решение о коксодоменном производстве как основе технологического процесса следует рассмотреть во времени. Начало строительства в 2010 г. уже не может быть принято за исходную точку начала прогноза. Отсутствуют согласование, утверждение и само ТЭО. А есть еще рабочая документация, организация строймонтажа, заказ и поставка оборудования (вопрос об источнике инвестиций здесь не рассматривается). Тогда первую очередь следует ожидать к 2012–2015 гг., а окончание первой очереди строительства – к 2030 г. (решение С. Орджоникидзе 1932 г. о строительстве Запсиба начало реализовываться через 25 лет, а

строительство I очереди было закончено ещё через 20 (1976), хотя стройка, подкреплённая решениями двух съездов КПСС, шла активно, без остановок). В результате к 2050 г. в Якутии будет сравнительно новый завод с устаревшей технологией. Поэтому следует рассмотреть иные технологии (часть которых будут ограничены высоким, до 2% содержанием серы в Таежном, в частности, месторождении).

Комбинат ориентирован на два вида готовой продукции, опирающихся на слябовую и сортовую заготовку. Диверсификация в общем случае – хорошо (как и увеличение по (1) выпускаемого марочника и сортамента). Но здесь следует иметь в виду мировой опыт, характерный для любых фирм: всегда происходит отказ от диверсификации в случае инвестиционных ограничениях, финансовой неустойчивости самой фирмы или экономических проблем в стране. Не правильное ли для Якутии проработать вариант: или лист, или сорт (обойдется дешевле), увязав с сортаментом действующих Петровск-Забайкальска и «Амурстали».

Изложенное позволяет поставить обобщенный вопрос, адресуемый инвесторам, – каково место намечаемого металлургического комбината в ценوزه «все металлургические предприятия России» (СНГ) в соответствии с (2) по объемам выпускаемой продукции и расходам материальных и энергетических ресурсов (см. сайт kudrinbi.ru); по принятому типоразмеру доменных печей [2]; по типоразмерам прокатных станов (1) и др. Одновременно должно быть определено место завода в ценوزه «Китай, Япония, Казахстан, уральские и сибирские заводы». Именно здесь может выявиться отторжение рассматриваемого комбината внешним металлургическим окружением в стране и азиатским металлургическим рынком.

Разнообразие полезных ископаемых, в том числе редких и драгоценных, сохранившаяся первозданность природных условий актуализируют самую широкую вариофикацию и диверсификацию. Это относится как к выпуску массовых изделий и материалов, так и к изготовлению уникального, штучного; к творческому созданию единичных предметов самобытных культур; к рассмотрению сферы услуг, включая экстремальный туризм. В начале 90-х годов в черной металлургии выполнялись работы, включающие *H*-оценку сортамента и размера партии; объемов основных видов продукции по генеральной совокупности; общих и удельных расходов ресурсов; по отдельным заводам – *H*-распределение выбросов по объему и вредности. Работа подтвердила применимость ценологической теории и позволила сделать ряд практических выводов. В частности, было показано, что борьба с 10% наиболее опасных выбросов в воздушный и сбросов в водный бассейны обеспечивают 40% экономического эффекта.

Наконец, несколько слов о ключевой проблеме, решение по которой не очевидно. Речь идет о создании комфортных условий жизни и труда, отдыха, образования, медицинского и пенсионного обеспечения, которые соответствовали бы, скажем, европейским стандартам (при соблюдении в Южно-Якутском регионе распределения по (2) Парето) и тем самым закрепляли бы кадры. Должна быть полной электрификация всех видов деятельности (по типу «умный дом»), которая увязана с энергосбережением и решает его за счёт интеллектуализации контроля и управления. Применительно к металлургическому комбинату речь идет о 10 тыс. трудящихся (10% – ИТР) и определенном количестве строителей, монтажников, наладчиков. Следовательно, о городе в 30–50 тыс. человек. Каким образом мыслится организация создания такого города?

Что касается самой численности, то руководители крупных металлургических заводов России поставили задачу довести численность персонала из расчета 1000 чел./млн т. стали (сейчас у нас это больше чем в 2 раза). Уже массово осуществляется отказ от традиционной структуры управления, реализуется программа вывода с завода механиков, энергетиков,

вспомогательного и обслуживающего персонала с созданием множества юридически самостоятельных фирм. По объемам работ и численности выстраивается, по существу, *H*-распределение, следовательно, возможно математически оценить правильность каждого из принимаемых решений.

#### Литература

1. Электроэффективность: ежегодный рейтинг российских регионов по электропотреблению за 1990–1999 гг. // *Электрика*. 2001. № 6. С. 3–12.
2. Авдеев В.А., Друян В.М., Кудрин Б.И. Основы проектирования металлургических заводов. М.: Интермет Инжиниринг, 2002. 464 с.
3. Экономика социалистической промышленности. М.-Л.: Соцэкгиз, 1931. 556 с.
4. Энергетика СССР в 1981–1985 годах / Под ред. А.М. Некрасова, А.А. Троицкого. М.: Энергоиздат, 1981. 352 с.
5. Кудрин Б.И. О государственном плане рыночной электрификации России. М.: Изд-во Ин-та народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2005. 205 с.
6. Урало-Кузнецкий комбинат. М.-Л.: Соцэкгиз, 1931. 206 с.
7. Кудрин Б.И. О плане электрификации России // *Экономические стратегии*. 2006. № 3. С. 30–35.
8. Гнатюк В.И. Законы оптимального построения техноценозов. М.: Изд-во ТГУ – Центр системных исследований, 2005. 384 с. (Ценологические исследования. Выпуск 29).
9. Фуфаев В.В. Общеценологический метод структурно-топологического анализа самоорганизующихся систем // *Общая и прикладная ценология*. 2007. № 3. С. 23–31.
10. Кудрин Б.И. Мои семь отличий от Ципфа // *Общая и прикладная ценология*. 2007. № 4. С. 25–33.
11. Архив школы Кудрина Б.И. Тетрадь Г-0806 (216).
12. Кудрин Б.И. Об энергетической безопасности России // *Электрика*. 2007. № 2. С. 6–12.

### **ЦЕНТРАЛЬНО-АЛДАНСКИЙ СУПЕРПРОДУКТИВНЫЙ ЗОЛОТО- И УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН — ПРИОРИТЕТНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ МАСШТАБНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

Максимов Е.П., д.г.-м.н., профессор, Никитин В.М., д.г.-м.н., профессор,  
Технический институт (филиал) ЯГУ, г. Нерюнгри

Центрально-Алданский рудный район (ЦАРР) является одним из наиболее освоенных рудных районов Якутии, обладающих наиболее удобным географическим положением, наиболее развитой транспортной и иной инфраструктурой. Вместе с тем он является уникальным районом по набору и масштабам проявленной в нем рудоносности. Более 80 лет он является одним из крупнейших золотодобывающих районов России. В ЦАРР уже добыто порядка 700 т золота. Запасы известных золоторудных объектов составляют еще несколько сотен тонн. Ресурсы золота в Эльконских золото-урановых месторождениях по оценкам специалистов составляют более 600 т. Таким образом, общая продуктивность района за счет добытого металла и установленных к настоящему времени объектов существенно превышает 1500 т. Заметим, что золоторудные объекты с ресурсами от 500 до 1000 т считаются суперкрупными, а с ресурсами более 1000 т. рудными гигантами. В ЦАРР находится и в ближайшие годы, по-видимому, будет отрабатываться, уникальное Эльконское золотоурановое месторождение. Запасы урана в Эльконском рудном узле составляют 350 тыс. тонн. Общие же ресурсы выявленных к настоящему времени месторождений

составляют более 600 тыс. тонн. Заметим для справки, что месторождения урана с запасами 50-100 тыс. тонн считаются крупными, а с запасами более 100 тыс. тонн - суперкрупными. Таким образом, ЦАРР является не только золото-, но и урановорудным гигантом. В ЦАРР имеются также крупное месторождение молибдена, месторождения платины, флюорита, апатита и других полезных ископаемых. Рудный потенциал ЦАРР, однако, запасами и ресурсами установленных к настоящему времени объектов, не исчерпывается и полностью далеко не раскрыт. Район, несомненно, перспективен на выявление новых, в том числе крупных рудных объектов. К настоящему времени выявлены по существу только легкооткрываемые месторождения, недра же района ниже эрозионного среза, за исключением некоторых зон Эльконского рудного узла, практически не исследованы. ЦАРР в отношении перспектив и целесообразности организации в его пределах в крупных объемах поисковых работ не имеет альтернативы. Проблема заключается только в том: где и как искать.

В НТИ ЯГУ разработана модель Центрально-Алданской рудоносной магматогенной системы (ЦАРМС). В соответствии с этой моделью в качестве главного источника оруденения выступает, занимающий в ЦАРМС центральное положение, головной «магмовод», (флюидно-магматическая колонна) на эрозионном срезе обозначенный Западно-Эльконским ареалом изверженных пород. Практически все известные сколько-нибудь крупные рудные объекты и образуемые ими рудные поля и узлы занимают относительно головного магмовода (и эпицентра ЦАРМС) радиальное положение.

Эльконские рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры (в частности зоны Южная и Сохсолоохская), являющиеся элементами одноименной рудообразующей системы (ЭРС), прослеживаются от эпицентра на расстоянии 30-35 км. В размещении различных геолого-минеральных типов этого оруденения наблюдается отчетливая зональность. В эпицентре "магмовода" локализуется золото-уранинитовое оруденение (зона Интересная), совмещенное с высокотемпературными калишпатовыми метасоматитами. Далее до 20-го км от эпицентра (до месторождения Дружное) прослеживается золото-браннеритовое оруденение в гумбеитах. На юго-восточных флангах в существенных объемах появляется, а далее на юго-восток становится главным, молибденитовое (крипточешуйчатый молибденит и иордизит) оруденение в кварцевых метасоматитах (Минеевское) при выклинивании золото-браннеритовых руд. Важно заметить, что оруденение в зоне Южной в наиболее высоких концентрациях наблюдается в виде рудных столбов «наклоненных» на запад в сторону головного магмовода.

Куранахские рудоносные структуры, в пределах одноименной впадины, прослеживаются на север-северо-запад, однако на юге ее, по геологическим и геофизическим данным, они дугообразно разворачиваются на юго-восток в сторону эпицентра ЦАРМС. Промышленное Куранахское оруденение начинается в 20-25 км к северо-западу от него (залежи Дорожная, Дэлбэ и др.) и прослеживается далее вдоль Главного Куранахского рудоконтролирующего разлома еще на 20-22 км. Первичные руды Куранаха представлены, как известно, золотоносными кварцевыми метасоматитами.

В Куранахской рудной системе (КРС) так же присутствуют отчетливые признаки зональности, выражающиеся в поведении урановой минерализации. МГРИ в 60-х годах и Приленская экспедиция, позднее, в пределах Куранахского рудного поля выявили большое количество радиоактивных аномалий урановой природы. Причем наибольшее число аномалий вообще, а с высокой интенсивностью излучения (до 700 мкр/час) приходится исключительно на южные залежи. На этих залежах (Боковая, Дэлбэ и др.) сотрудниками МГРИ еще в 60-х годах в кварцевых метасоматитах был выявлен уран в содержаниях до 1% и более. Приленской экспедицией в 80-х годах здесь между самыми южными залежами

Дорожной и Новой по буровому профилю на расстоянии 5,3 км 8-ю скважинами в нижней части платформенного чехла, в 120-240 м выше кристаллического фундамента, была подсечена урановорудная «залежь» (?), названная «Колибри». В скважинах на этом уровне, а так же ниже и выше по разрезу были установлены десятки интервалов мощностью от 0,1 до 4 м со средним содержанием U 0,01% при максимуме до 0,06%. Урановая минерализация представлена ураноносными битумами и настураном, а так же ураноносным лейкоксеном. Из изложенного следует что, в КРС, как и в ЭРС, в приближении к магмоводу (к эпицентру ЦАРМС) увеличивается роль урановорудной составляющей. Смена молибденоносных кварцевых метасоматитов золотоурановым оруденением в Эльконской рудной системе происходит в 20-25 км от эпицентра. Аналогичное явление наблюдается в КРС, где примерно на таком же удалении от эпицентра происходит резкое обогащение ураном золотоносных кварцевых метасоматитов и появляется собственно урановая минерализация (Колибри). Это рудопроявление только выявлено и совершенно не изучено. Достаточно заметить, что выход керна в скважинах по отмеченному профилю составлял только 45%. Из изложенного выше можно сделать вывод, что КРС продолжается на юго-восток в направлении к эпицентру магмовода. Это значит, что территория, охватывающая южную часть Куранахской впадины, пограничную зону ее (за пределами впадины) с Эльконским горстом, а так же северо-западную окраину последнего, перспективна на выявление новых золотых, золотоурановых и (или) урановых месторождений. Территория эта отличается крайне плохой обнаженностью и практически не изучена. Заметим, что значимое оруденение здесь может быть не проявлено на эрозионном срезе, как это имеет место, например, в зоне Южной ЭРС, где оно появляется на глубине 200-500 м.

Важным является вопрос о возможности выявления промышленного оруденения ниже современного эрозионного среза на Куранахском рудном поле и за его пределами вблизи границ одноименной впадины. В Эльконской рудной системе, в частности в зоне Южной, оруденение прослежено на глубину 1,5-2,0 км и при этом не обнаруживает тенденции к выклиниванию, скорее наоборот. Почему же в Куранахской системе, как это принято считать, оруденение проявилось только в приповерхностной зоне. И так ли это? На Куранахском рудном поле в 1956-58 гг. пробурено около 3-х десятков скважин на разную глубину слоистой толщи платформенного чехла. На известных месторождениях пробурено 18 скважин, остальные пройдены вне основных рудоконтролирующих структур. На глубину более 100 м пробурено всего 13 скважин, из них только четыре достигли фундамента.

Скважины были пробурены без какого-либо учета строения и условий залегания рудоносных зон, т.е. по существу наугад. Большинство скважин – вертикальные, притом, что рудоконтролирующие зоны на Куранахе тоже вертикальные. Несмотря на все это, в ряде скважин были зафиксированы рудные интервалы с промышленным содержанием золота. А в одной наклонной скважине зафиксирован 31-метровый рудный интервал с содержаниями золота от 2,3 до 4,5 г/т со средним содержанием 3,2 г/т! Вскрытая скважиной рудная зона подсечена на поверхности, где имеет ширину 18 м со средним содержанием в одном из шурфов на 3,0 м мощности 12,3 г/т. Сведения о содержаниях в остальной части рудной зоны отсутствуют. Минерализованные зоны с промышленным оруденением прослежены в разные годы на глубину до 100 м на ряде других месторождений (Центральном, Дорожном, Дэлбэ).

Изложенное дает основание для заключения, что на Куранахском рудном поле и за его границами оруденение в чехле имеется и надо искать его промышленные скопления.

Запасы золота Куранахского рудного узла оцениваются в несколько сотен тонн. Это весьма крупный объект, однако, ресурсы металла в нынешних границах узла в платформенном чехле ниже эрозионного среза могут составить дополнительно еще несколько сотен тонн, а, возможно, достигать 1,0 тыс. тонн. Так только на одном



месторождении ресурсы металла на глубину 100 метров могут быть оценены по категории P<sub>1</sub>- P<sub>2</sub> в 30-40 тонн.

Ресурсы золота на юго-восточном и южном продолжении КРС предположительно могут составить многие десятки или даже первые сотни тонн, а урана несколько сотен тысяч тонн. КРС, таким образом, может оказаться рудным гигантом.

В самом Эльконском рудном узле имеется около 80 неизученных золотоурановых и урановых объектов (Бойцов, Пилипенко, 1998), требующих разбраковки и геолого-экономической оценки. В границах Западно-Эльконского ареала изверженных пород возможно выявление новых золото-уранинитовых объектов, аналогичных месторождению зоны Интересной, с более высокими содержаниями урана и с более технологичными рудами по сравнению с золото-браннеритовыми рудами зоны Южной. Ресурсы золота и урана в ЭРС могут превысить оцененные в 1,5 – 2 раза.

Закономерное радиальное положение в структуре ЦАРМС занимает и Томмотская магмо- и рудоконтролирующая зона, определяющая положение месторождений Лебединского рудного узла (месторождения Лебединое, Калтыкон, Радостное). В крест этой зоны В.А. Абрамовым и соавторами (1990г.) пройден профиль МТЗ, выявивший в ее пределах электропроводные швы, пересекающие Лебединский узел в участках расположения основных месторождений и являющиеся, по-видимому, рудоконтролирующими структурами.

Томмотская магмо-рудоконтролирующая зона за пределами Лебединского рудного узла с точки зрения ее возможных перспектив на золотое и урановое оруденение не изучена. Хотя предпосылки и признаки такового проявлены отчетливо. Например, на юго-западном продолжении зоны в верхнем течении р. Томмот развиты богатые золотоносные россыпи и имеется большое число рудопроявлений. На северо-восточной окраине Лебединского рудного узла (м-е Калтыконское) относительно приближенной к эпицентру ЦАРМС выявлена урановая минерализация, что так же, как и в КРС, может быть проявлением рудной зональности.

Томмотская рудоносная система (ТРС) относительно изучена только в пределах Лебединского рудного узла и по существу, в основном, на уровне эрозионного среза. Сколько-нибудь глубокие уровни рудоконтролирующих и рудовмещающих структур не изучались. Считается, что кристаллический фундамент не рудоносен. Такой вывод делается только на том основании, что некоторые, вскрытые на границе чехла и фундамента горными выработками, рудные жилы при «переходе» в последний расщепляются и разубоживаются.

Платформенный чехол, испытавший на юго-восточной периферии рудного узла ступенчатое погружение к границам Верхнее\_Якутской впадины, на предмет возможной рудоносности на потенциально продуктивных уровнях (40-75м от поверхности фундамента) не исследовался.

Рудоконтролирующие структуры ТРС по их простиранию на северо-восток и на юго-запад от Лебединского рудного узла не прослеживались и не изучались. На северо-восточном продолжении в приближении к головному «магмоводу» они по аналогии с ЭРС могут быть перспективными на золото-урановое оруденение. На юго-западе (бассейн верхнего течения реки Томмот) оруденение может быть локализовано в нижней части чехла и не исключается в кристаллическом фундаменте. Перспективы ТРС в фундаменте могут быть весьма значительными, особенно если учесть, что в ее пределах на эрозионном срезе, и ниже его на глубину в несколько километров, сосредоточены высокодифференцированные магматические массы значительно больших объемов, чем в ЭРС и КРС с чем может быть связано наличие дополнительных источников оруденения.

По наличию предпосылок и прямых признаков оруденения логично предположить, что ТРС может быть вполне сравнимой по продуктивности на золото и уран с КРС и ЭРС или даже превзойти их.

В соответствии с приведенными оценками запасы и ресурсы ЦАРР могут составить более 3 тыс. тонн золота и около 1 млн. тонн урана.

### **Заключение**

Суперкрупные масштабы золотого и уранового оруденения в ЦАРМС, очевидные перспективы выявления в ее пределах новых крупных рудных объектов диктуют необходимость постановки в соответствующем этой системе рудном районе (ЦАРР) крупномасштабных геологоразведочных работ. При самом скептическом отношении к приведенной в статье оценке потенциальной продуктивности ЦАРР при выборе направления ГРР, в частности на золото, логично было бы учитывать, что в этом уникальном по продуктивности районе (что известно давно), и с наиболее развитой в Якутии инфраструктурой, рудоносность известных золоторудных узлов, полей и площадей, изучена практически только на уровне эрозионного среза. И это несмотря на то, что еще в 70-е годы прошлого столетия было установлено, что оруденение Эльконского рудного узла, в том числе существенно золотое (зона Федоровская), прослеживается до глубины 1,5-2,0 км, не испытывая тенденции к выклиниванию, а наоборот увеличиваясь в концентрациях и в масштабах. Не было и нет никаких оснований считать, что оруденение Куранахского и Лебединского рудных узлов и других перспективных территорий района ведет себя в этом отношении принципиально иначе. В статье акцентировано внимание на давно известных данных о наличии оруденения с промышленным содержанием золота на Куранахском рудном поле в платформенном чехле и на глубине 600-650 м в кристаллическом фундаменте. Эти данные не являются результатом системно и целенаправленно проведенных ГРР, они получены при проходке нескольких, а до фундамента - единичных, т.е. по существу случайных, скважин. Уже поэтому они являются достаточно убедительным свидетельством возможности выявления здесь в чехле и в фундаменте промышленных объектов. Однако в течение десятилетий эти данные не привлекали и не привлекают в настоящее время внимание специалистов, по-видимому, из-за ложного посыла о решающей роли в рудообразовании процессов выветривания. Столь же легкомысленно без проведения каких-либо исследований была "оценена" бесперспективность золотого оруденения в кристаллическом фундаменте на Лебединском рудном поле, как, впрочем, и в ЦАРР в целом, несмотря на то, что в фундаменте в 70-80 годы было разведано достаточно крупное золоторудное месторождение (м-е Лунное).

Авторы полагают, что пора наконец осознать ошибочность тезиса о бесперспективности ЦАРР на возможность выявления новых крупных рудных объектов и выдвинуть его в число наиболее приоритетных в России золото- и урановорудных районов для постановки масштабных ГРР.

## **ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В РЕГИОНАХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА**

Махно Д.Е., д.т.н., профессор, Шадрин А.И., д.т.н., доцент,  
Авдеев А.Н., к.т.н., Иркутский государственный технический университет,  
г. Иркутск, [gor@istu.irk.ru](mailto:gor@istu.irk.ru)

На горных предприятиях работает уникальное механическое оборудование большой единичной мощности отечественного и зарубежного производства. На долю этих машин приходится до 45-50% основных производственных фондов предприятий. При этом коэффициент использования техники не превышает 0,35-0,6. Одной из основных причин низкого уровня использования оборудования являются существенные простои в ремонтах. Так простои в ремонтах карьерных экскаваторов достигают 28,6 % календарного фонда времени работы машин, при этом неплановые простои занимают до 9,2%. Все это усугубляется неблагоприятным воздействием на работу машин природно-климатических факторов внешней среды регионов холодного климата, где в основном эксплуатируется горнодобывающая техника [1].

Ремонт остается самым трудоемким вспомогательным процессом на горных предприятиях, на его долю приходится до 70 % трудоемкости всех вспомогательных работ. Численность ремонтного персонала на угольных разрезах достигает 25 %, железорудных карьерах – 18 %. В силу разрозненности и уникальности единичного оборудования уровень ручного труда при этом достигает 70 %. Так на предприятиях АК «АЛРОСА» в сфере технического обслуживания и ремонта занято 35 % от общей численности персонала. Доля расходов на содержание горных машин и оборудования в производственных затратах колеблется в пределах от 17 до 43 %. Все это подчеркивает особую актуальность проблемы совершенствования системы эксплуатации механического оборудования в регионах холодного климата.

Кафедра горных машин и рудничного транспорта Иркутского государственного технического университета на протяжении более 30 лет занимается поэтапным решением этой проблемы в условиях горных предприятий АК «АЛРОСА», Коршуновского ГОКа, Нерюнгринского разреза. Основные направления решения проблемы – дальнейшее улучшение организации технического обслуживания и ремонта оборудования; повышение надежности работы узлов металлоконструкций машин в условиях низких температур; механизация наиболее трудоемких операций ремонтного цикла; обоснование экономически эффективных сроков службы машин в регионах холодного климата.

Организация ТО и Р оборудования строится на: разработке технологических карт ремонта (ТК); автоматизации рабочего места механика; оптимизации системы технического обслуживания; обосновании мощности ремонтной базы предприятия, необходимого объема запчастей и материалов, ремонтного фонда предприятия.

В настоящее время разработано 68 наименований технологических карт на экскаваторы, буровые станки, подъемно-транспортное и другое оборудование отечественного и зарубежного производства. ТК включают последовательность операций по сборке и разборке узлов и агрегатов машин, нормирование ремонтных работ, требования правил безопасности, применения специальных средств механизации. ТК является основой для организации автоматизированного рабочего места механика. Выполнение карт на магнитных носителях позволяет выдавать и контролировать задание на ремонт машин,

корректировать их содержание по мере накопления опыта совершенствования работ. Наиболее широкое применение ТК нашли в условиях предприятий АК «АЛРОСА».

Существенным резервом снижения трудоемкости ремонтных работ является создание специальных средств механизации наиболее трудоемких процессов. В этом направлении кафедрой разработаны устройства для смазки и замены экскаваторных канатов, расточки пяты стрелы, запрессовки и распрессовки тугопосаженных узлов, внутрикарьерной перевозки крупных машин и грузов, замены смазки и ряд других теоретических решений, успешно реализованных на горных предприятиях. Использование этих разработок существенно снижает трудоемкость ремонтных работ, что имеет особое значение для предприятий, работающих в условиях Севера.

Методика оптимизации регламента ремонта машин и оборудования по техническому состоянию рассчитана на обеспечение выполнения планируемой технологической нагрузки с минимальными затратами на содержание техники. Целью ремонта является поддержание такого уровня надежности машин, который необходим для выполнения планового задания при минимальных трудовых и материальных ресурсах на содержание техники. Предлагается программа, позволяющая получать решения по оптимальному управлению работой машин и оборудования в конкретных условиях эксплуатации.

Разработана методика обоснования мощности, структуры и размещения ремонтной базы предприятия с учетом возможности его развития. Обоснован программный блок выработки управленческих решений на основе учета уровня надежности машин, оптимизации графиков годовых и месячных регламентов, учета реальных сроков службы машин.

Обоснована оптимизация регламента ремонтного фонда предприятия на основе планируемой технологической нагрузки при минимальных затратах на содержание техники.

Для регионов Севера обоснован рациональный срок службы оборудования. В основу оптимизации заложен динамический критерий суммарных затрат на эксплуатацию техники с учетом дисконтирования расходов по годам. Установлено, что в условиях холодного климата рациональный срок службы оборудования снижается на 10-30 % по сравнению с нормативным для карьерных экскаваторов и ограничивается двумя ремонтными циклами с необходимостью проведения лишь одного капитального ремонта. Это обеспечивает существенное снижение трудоемкости ремонтных работ в условиях горных предприятий, минимизацию эксплуатационных расходов по статьям амортизация и содержание оборудования, что имеет особое значение для предприятий, работающих в регионах холодного климата.

Одной из наиболее сложных проблем эксплуатации техники в Регионах холодного климата являются хрупкие разрушения узлов металлоконструкций машин. Хрупкие разрушения, как правило, отмечаются с базовыми узлами оборудования, происходят внезапно и вызывают значительные простои техники. Чем больше габариты и масса оборудования, тем выше вероятность хрупких разрушений в силу проявления, так называемого, «масштабного эффекта». Хрупким разрушениям не свойственны переходные периоды с пластической деформацией, разрушения происходят мгновенно под влиянием комплекса факторов воздействия внешней среды. Наиболее часты отказы, связанные с динамическими нагрузками в условиях неблагоприятного воздействия неблагоприятного воздействия низких отрицательных температур.

Представительный анализ хрупких разрушений показал, что большее число отказов узлов металлоконструкций происходит при температурах на 10-15°C выше «критических» их значений, что ставит под сомнение мероприятие защиты оборудования от разрушений путем активированных остановок машин в периоды «критических» отрицательных температур.

Наиболее эффективным решением является снижение динамических нагрузок в базовых узлах машин путем регулирования загрузки приводов экскаваторов, дифференцированного в зависимости от уровня опасности воздействия низких отрицательных температур.

Для решения этой проблемы выявлены зависимости параметра потока отказов базовых узлов машин от уровня опасности отрицательных температур по основным типам карьерных экскаваторов. Получены авторские свидетельства и патент [4,5,6] на устройства и способы ограничения режима загрузки приводов экскаваторов. Реализация предлагаемых технических решений только при сезонных наладках загрузки приводов экскаваторов ЭКГ-20 (Нерюнгринский разрез) [3] и ЭКГ-12,5 (Удачный ГОК) существенно сократило число хрупких разрушений конструкций машин. Переход на сезонные регулирования загрузки приводов по разработанной методике исключил из практики работы горных предприятий «активирование» остановки оборудования, что положительно сказалось на повышении хладостойкости конструкций машин и эффективности работы оборудования в целом.

Длительные наблюдения за работой карьерных экскаваторов в регионах холодного климата и выполненные исследования позволили выявить связь хрупких разрушений с факторами воздействия внешней среды. Установлена связь разрушений с кумулятивным влиянием параметров климата. Установлено, что вероятность хрупких разрушений возрастает по достижению числа циклов нагружения конструкции  $10^6$  [2, 7]. Выявлено, что ремонтные воздействия, выполняемые в полевых условиях без должного соблюдения режимов термической обработки конструкций, также повышают вероятность хрупких разрушений. Как правило, повторный отказ базовых узлов машин, прошедших стадию ремонта, отмечается при снижении числа циклов нагружения конструкций до  $10^4$ - $10^5$ . Получены уравнения регрессии частоты разрушений конструкций с климатическими факторами и числом циклов нагружения. Выявлены зависимости параметра потока отказов от состояния подготовки забоя, в том числе с учетом дополнительного неблагоприятного воздействия смерзаемого грунта.

В целом установлено, что хрупкое разрушение сложный процесс, зависящий от комплекса факторов влияния внешней среды, из которых в конкретный промежуток времени решающим может оказаться лишь один из них и появление его не всегда предсказуемо.

Машинист экскаватора и обслуживающий персонал должны представлять основные закономерности физики процесса хрупких разрушений конструкций с тем, чтобы успешно управлять техникой в наиболее опасные периоды воздействия факторов внешней среды. Этому может способствовать специальная Инструкция по эксплуатации техники в условиях воздействия низких отрицательных температур, разработанная применительно к каждому виду оборудования. Своевременный учет и реализация выявленных закономерностей позволит сказать вероятность хрупких разрушений конструкций и повысить уровень надежности и эффективности использования техники в регионах холодного климата существенным резервом снижения трудоемкости работ и повышения эффективности использования техники являются предлагаемые организационные решения по оптимизации технического обслуживания и ремонта оборудования.

#### **Литература**

1. Махно Д.Е. Эксплуатация и ремонт карьерного оборудования / Д.Е. Махно. М.: Недра, 1984. 133 с.
2. Махно Д.Е. Прогнозирование ресурса базовых узлов металлоконструкций карьерных экскаваторов, работающих в условиях Севера / Д.Е. Махно, В.А. Храмовских // Проблемы развития минеральной базы Восточной Сибири: Сб.науч.тр. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. С. 256-260.

3. Махно Д.Е. Эксплуатация и ремонт механических лопат в условиях Севера: Справочное пособие / Д.Е. Махно, А.И. Шадрин. М., 1992. 127 с.
4. А.С.1090813/СССР/Устройство управления электроприводом одноковшового экскаватора / Д.Е. Махно, И.В. Горбунов, Е.А. Дмитриев и др. Заявл. 12.01.83, № 354218/29-03. Оpub. Б.И.-1984.-№ 17.
5. А.С.1416625/СССР/Устройство управления электроприводом одноковшового экскаватора / В.Р. Клименко, И.В. Горбунов, Д.Е. Махно и др. Заявл. 03.06.86, № 4074295/29-03. Оpub. Б.И. 1988. № 30.
6. Патент на изобр. № 2255184. Способ управления электроприводом постоянного тока одноковшового экскаватора и устройство для его осуществления / С.С. Леоненко, А.В. Сорокин, Д.Е. Махно и др. Заявка 2004114678/03, 13.05.2004. Оpub.27.06.2005. № 18.
7. Авдеев А.Н. Анализ отказов базовых узлов экскаваторов, работающих в районах Крайнего Севера / Авдеев А.Н., Храмовских В.А. // Горные машины и автоматика. 2005. № 1. С.53-55.

**ВРЕМЯ ВСПОМНИТЬ**  
**(К 150-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО**  
**КАМЕННОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА)**

Хворостина А.А., к.г.-м.н., доцент, заслуженный геолог РС (Я),  
Благовещенский политехнический техникум, г. Благовещенск

Вопросам истории открытия и изучения Южно-Якутского каменноугольного бассейна посвящено мало работ, хотя специалистам-углеразведчикам устно многое известно и в большинстве случаев все точки над «і» поставлены. Так, общепризнанными первооткрывателями бассейна являются два горных инженера - Н.Г. Меглицкий и М.И. Кованько, члены Забайкальской экспедиции подполковника Н.Х. Агте.

И тем не менее новое прочтение ранее известного «Описания Якутской экспедиции (1851г.) покойного горного инженера Н.Г. Меглицкого...» («Горный журнал», 1893г., № 7, т.3, с. 111-159) позволяет внести в этот вопрос ряд уточнений.

При знакомстве с этим «Описанием...» кажется странным, почему материалы экспедиции, состоявшейся в 1849-52 гг., оказались опубликованными только в 1893 г., т.е. почти полвека спустя. Неясность рассеивается при внимательном знакомстве с «Введением» М.П. Мельникова к материалам Н.Г. Меглицкого. Фактически экспедиция подполковника Н.Х. Агте была организована Генеральным штабом российской армии, а не Академией наук России, как считалось ранее. Из дальнейшего видно, что основания к засекречиванию материалов экспедиции были.

Александр Федорович Миддендорф, выполнивший большую экспедицию на Крайний Север и восток Восточной Сибири в 1842-1845 годах, заметил, что китайские власти считали северную границу своих владений не как предполагалось по Нерчинскому трактату<sup>1</sup>, вдоль

---

<sup>1</sup> «Нерчинский договор, первый между Российским государством и Цинской империей (заключен 27.08.1689г.); вынужденная передача цинскому правительству территории Албазинского воеводства. Определял систему торговых и дипломатических отношений между государствами. Граничная линия по Нерчинскому договору была крайне неопределенной. Отменен Айгунским (1858г.) и Пекинским (1860г.) договорами». СЭС, 1979. С. 879.

водораздельной линии Станового хребта, а гораздо южнее его, на крайних пунктах судоходности притоков Амура, Зеи и Буреи, где ими и были поставлены пограничные столбы. Хотя эти столбы не имели государственного значения для России, так как они были поставлены только одной из тракующих сторон — китайцами, но все-таки это наблюдение дало повод к ближайшему изучению пограничной местности с Китаем вдоль Станового хребта с восточной и южной его стороны, и для этой цели была снаряжена тайная экспедиция генерального штаба под названием Забайкальской, под начальством генерального штаба подполковника Н.Х. Агте. Эта экспедиция действовала с 1849 до 1852 года. Главное начальство над нею было поручено генерал-квартирмейстеру Бергу, местное начальство — подполковнику генерального штаба Н.Х. Агте.

Необычность экспедиции видна также из того, что подполковник Н.Х. Агте секретно в предписании от 22.04.1851 г. сообщает Н.Г. Меглицкому, что экспедиция имеет своей целью «...исследовать в горном отношении восточное пространство нашей границы с Китаем», что понимал под этим «пространством» Н.Х. Агте? Это, прежде всего, границы, к тому времени оставшиеся неясными между Россией и Китаем и определявшиеся линией:

«...а) хребтом гор, называемым Становым Хинганом;

и

б) Удским пространством, образующим собою неправильный треугольник, вершина коего есть верховье реки Уды, основание Охотское море, СЗ бок - поворот Станового хребта - Джукджур, а ЮЗ бок – неизвестная пограничная полоса».

Поэтому материалы были опубликованы в 1893 г., т.е. уже значительно позже заключения Айгунского договора от 16 мая 1858 г., по которому р. Амур стала пограничной рекой между Россией и Китаем.

В состав Забайкальской экспедиции подполковника Н.Х. Агте вошли астроном Л. Шварц, горные инженеры штабс-капитан М.И. Кованько, поручик Н.Г. Меглицкий, топографы С.В. Крутиков и В.Е. Карликов, чертежник Аргунов. Впоследствии М.П. Мельников, обработавший материалы Н.Г. Меглицкого после его смерти, назвал экспедицию Якутской, поскольку часть экспедиции, возглавлявшаяся непосредственно Н.Г. Меглицким, изучала преимущественно Становой хребет и пространство севернее его. Результатом экспедиции были довольно подробные топографические сведения о Становом хребте и смежной территории, расположенной севернее, а также весьма ценные и обширные геологические сведения по посещенным территориям.

Итак, летом 1849г. горные инженеры Н.Г. Меглицкий и М.И. Кованько присоединились к группе подполковника Н.Х. Агте в Иркутске и начали подготовку к экспедиции. В процессе проведения этой экспедиции отряд Н.Г. Меглицкого и М.И. Кованько прошел до Якутска. Затем Н.Г. Меглицкий от Якутска провел геологические исследования в долине р. Мая, нижнем течении р. Уда, на побережье Охотского моря и Шантарских островах. За эту экспедицию поручик Н.Г. Меглицкий был награжден орденом Владимира и получил пожизненную прибавку к жалованию, однако безвозвратно подорвал свое здоровье.

В лето 1850 г. из отряда Н.Г. Меглицкого выделилась Алданская поисковая партия, руководство которой было поручено штабс-капитану М.И. Кованько. Ее целью были поиски по пути следования золотоносных площадей. М.И. Кованько обследовал верховья р. Олекма. Перейдя из нее на вершины р. Алдан экспедиция должна была исследовать течение реки до устья. Здесь мы дословно цитируем М.П. Мельникова: «Пройдя Становой хребет, г. Кованько встретил в вершинах Алдана пласт каменного угля хороших качеств, но позднее время года и ранние снега принудили его оставить верховья р. Алдан и перейти на р. Олекма, где, устроив плоты, партия поплыла до г. Олекминск». М.П. Мельников уточняет

приведенную цитату ссылкой на астронома Л. Шварца, участника партии М.И. Кованько: «...Шварц приводит, что на Алдакае Кованько 3-й нашел богатое месторождение бурого угля». Сегодня мы знаем, что Алдакай является левым притоком р. Амедичи. Последняя впадает с запада в р. Алдан. На современной геологической карте бассейна видно, что открытие угольных пластов равно вероятно как на Алдакае, так и на р. Алдан, поскольку последний пересекает наиболее узкую часть бассейна на широте устья р. Алдакай, отделяя друг от друга два современных угленосных района бассейна: Усманский от Алдано-Чульманского.

На основании изложенного можно однозначно утверждать, что руководителем экспедиции, направленной подполковником Н.Х. Агте из Иркутска, был горный инженер поручик Н.Г. Меглицкий. Из нее была выделена Алданская поисковая партия под руководством штабс-капитана М.И. Кованько. Именно ему принадлежит пальма первенства в открытии первых угольных пластов Южно-Якутского бассейна в сентябре-октябре 1850 г.

Что же это за люди — горные инженеры Николай Гаврилович Меглицкий и Матвей Иванович Кованько?

Не возвращаясь к самому ходу экспедиции, освещенной выше, расскажем кратко о жизненном пути этих незаурядных людей, изучавших наши края в те времена, когда не было не только связи или дорог в тайге, но даже географических карт, дававших хотя бы приближенную геоморфологическую характеристику исследуемой местности.

Николай Гаврилович Меглицкий родился 25 сентября 1825 г. Его отец — протоирей С.-Петербургской духовной академии, долгое время состоял при посольстве австрийского двора в Вене.

Н.Г. Меглицкий в 1841 г. поступил в Горный институт в С.-Петербурге, который успешно закончил в 1846 г. По окончании института он поступает на службу в Алтайский горный округ и уже в мае 1847 направляется в золотоискательскую партию (р. Таштын), а позднее назначается приставом Риддерского рудника. Это был высокий и ответственный пост для молодого горного инженера, так как под его руководством велись не только горнодобычные работы, но и работа обогатительной фабрики. Н.Г. Меглицкий очень увлеченно занимается практикой горного дела.

В 1849 г. он был переведен в Восточную Сибирь в распоряжение генерал-губернатора Н.Н. Муравьева для геологических исследований в готовившейся в это время экспедиции подполковника Н.Х. Агте. По прибытии в Карийские золотые промыслы (Забайкалье) он, не откладывая на более поздние времена, занялся изучением геологии окрестностей Кары, передвигаясь, где пешком, где на лошадях. В этот же период он исследовал левый берег р. Шилка. Результаты его исследований появились в «Горном журнале» за 1850 г., что само по себе уже свидетельствовало об исследовательском складе его ума. Вообще же, Николай Гаврилович не был крепок здоровьем, однако это его не останавливало, и он с поразительной настойчивостью занимался геологическими исследованиями. Весной 1850 г. Н.Г. Меглицкий получает указание от генерал-губернатора Н.Н. Муравьева исследовать Эндибальское свинцовое месторождение в отрогах Верхоянского хребта. Предстояла работа в весьма удаленных и суровых краях, и к ней Н.Г. Меглицкий отнесся серьезно и обстоятельно, как относился и ко всем другим работам, которые ему поручались. Побывав на Петровском чугунолитейном заводе, он лично проследил за изготовлением походного горного оборудования и собственноручно опробовал все заказанные буры. Экспедиция была проведена летом 1850 г., а отчет о ней опубликован в «Горном журнале» за 1851 г. Именно летом 1850 г. Алданской поисковой партией отряда Н.Г. Меглицкого впервые были обнаружены угли на левом притоке р. Алдан — р. Амедичи. Это и была точка отсчета, после которой начинают появляться все более новые и обширные сведения о Южно-Якутском



каменноугольном бассейне. Как упоминалось, непосредственно первая точка с выходом угольного пласта обнаружена членом партии Н.Г. Меглицкого — горным инженером М.И. Кованько. За период своей относительно короткой профессиональной деятельности Н.Г. Меглицкий участвовал в исследовании огромных пространств, начиная от Иркутска на западе до Удской губы и Шантарских островов на востоке и до Якутска на севере.

Работал Н.Г. Меглицкий на износ, без скидок на слабое здоровье и тяжелые природные условия. Это дало о себе знать — Н.Г. Меглицкий заболел и вынужден был в 1853 г. выехать в С.-Петербург. И, тем не менее, имея подорванное здоровье, он еще раз выезжает из С.-Петербурга в Оренбург, в течение 1854-1855 годов изучает территорию площадью в 80 тыс. кв. верст в Оренбургской области и составляет для музея Горного института коллекцию горных пород из 3000 образцов. Здоровье еще более ухудшилось и для поправки его он в 1856 г. выезжает в Германию. Лечение не дало ожидаемого результата, и 30 августа 1857 г. Н.Г. Меглицкий умер в г. Веймар, где и похоронен.

Н.Г. Меглицкий — талантливейший и неутомимый исследователь своего времени, прожил всего 32 года, но он успел сделать очень много. Большинство его трудов опубликовано в «Горном журнале». Академик Гельменстрен и директор Николаевской обсерватории Струве официально характеризовали его труды как «исключительные по своей многосложности и подробностям». Н.Г. Меглицкий свободно владел французским и немецким языками. За успешно проведенную Якутскую экспедицию 1849-1852 гг. был награжден орденом Владимира. Николай Гаврилович и его заслуги перед Россией были хорошо известны царю Николаю I. Он был избран действительным членом Императорского Минералогического и Императорского Русского Географического общества. Можно только предполагать, насколько много мог сделать для геологической науки столь талантливый и целеустремленный человек, отдавший всю без остатка свою жизнь изучению геологии Сибири.

Еще меньше, к сожалению, нам известно о соратнике Н.Г. Меглицкого по экспедиции 1849-1852 гг. горном инженере штабс-капитане Матвее Ивановиче Кованько, открывшем уголь на р. Амедичи.

Матвей Иванович Кованько закончил горный институт в 1845 г., на год раньше Н.Г. Меглицкого. Участие в экспедиции Н.Г. Меглицкого было, пожалуй, самым крупным событием в его жизни. После экспедиции 1849-1852 гг. он был назначен в комиссию подполковника Озерецкого для исследования серебро-цинковых месторождений Нерчинского округа. По окончании работы комиссии (осень 1853 г.) М.И. Кованько был командирован за границу, а по возвращении назначен в 1856 г. помощником начальника Нерчинских заводов. В 1859 г. он возвращается в С.-Петербург и служит в Монетном дворе. К сожалению, нам не известны ни его печатные труды, ни дата смерти, хотя известно, что он умер в С.-Петербурге.

Человек славен своими делами. И даже если мы не знаем хорошо обстоятельства его жизни, то, по меньшей мере, должны знать, что сделал он для России, для своей страны, ибо именно это в первую очередь является мерой ценностей прожитой жизни.

В этом отношении имена Николая Гавриловича Меглицкого и Матвея Ивановича Кованько должны быть навсегда вписаны в золотую книгу памяти нашего региона как первооткрывателей угля, площадь распространения которого ныне именуется Южно-Якутским каменноугольным бассейном — гордостью Республики Саха и всей России. Нашим самым минимальным долгом перед памятью этих блестящих исследователей — организатора и руководителя Якутской экспедиции Н.Г. Меглицкого и начальника Алданской партии М.И. Кованько — было бы наименование в их честь двух улиц г. Нерюнгри. Это то, что вполне по силе администрации г. Нерюнгри.

Хочется также, чтобы, добывая уголь из недр бассейна, и геологи, и горняки, и все люди, уважительно относящиеся к истории изучения недр нашей республики, помнили бы когда, кто и ценой каких усилий получил первые научные сведения о Южно-Якутском каменноугольном бассейне.

## **ОСНОВНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ КОНЦЕПЦИИ ПРЕДСТОЯЩЕГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

Петров Н.А., д.т.н., профессор,  
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН,  
г. Якутск, n.a.petrov@iptpn.ysn.ru

Рассмотрены исходный («стартовый») уровень развития экономики и энергетики, основные приоритеты масштабного развития отраслей ТЭК Республики Саха (Якутия) на период до 2020 года.

### *Исходный уровень развития экономики и энергетики*

По абсолютным значениям показателей ВРП и промышленного производства на душу населения Республика Саха (Якутия) стабильно входит в первую десятку регионов России (1).

Представляется удобным для рассмотрения исходного уровня развития экономики и энергетики республики выделить два периода: первый с начала 1990-х г.г. до 2000 г, второй – с 2000 г по настоящее время. Для первого периода характерно резкое падение уровня основного макроэкономического показателя – ВРП со среднегодовым снижением 6,12%. Во втором периоде, наоборот, наблюдается его монотонный рост со средним ежегодным приростом 2,49%, снижение в нем доли промышленной продукции, увеличение доли продукции сельского хозяйства, транспорта, строительства и прочих товаров и услуг.

Энергетика Республики Саха (Якутия) сегодня представляет собой достаточно развитый комплекс, включает все (за исключением атомной) отрасли топливно-энергетического комплекса (ТЭК): угольную, нефтяную и газовую промышленность, электро- и теплоэнергетику, а также разнообразные сети и оборудование снабжения потребителей энергоносителями. ТЭК РС (Я) полностью удовлетворяет потребности республики в угле, природном газе, электроэнергии и теплоэнергии, за исключением потребности в моторном топливе. Здесь добывается 3,7% угля России и 33,2% угля и 38,1% газа ДВФО, производится 0,9% электроэнергии России и 21,0% - ДВФО, 1,1% централизованного производства теплоэнергии России и 22,9% ДВФО.

Основные показатели динамики развития ТЭК Республики Саха (Якутия) в 1990-2006 г.г. приведены в таблице 1.

Как следует из итогового показателя указанной табл.1, принципиальная особенность тенденции развития ТЭК республики – значительное преобладание суммарного производства (добычи) ТЭР над их суммарным потреблением (в 1,9 раза), с одной стороны, и необходимость завоза в республику продуктов переработки нефти (17% общего потребления первичных энергоресурсов) с другой, сохраняется.

## Основные показатели развития ТЭК РС (Я) в 1990-2006 гг.

	Показатели	годы				
		1990	1995	2000	2005	2006
1	<i>Электроэнергия</i>					
	Установленная мощность электростанций, МВт	2 497,7	2 371,0	2 290,5	2 395,4	2 395,4
	Выработка, млн. кВт.ч	8 478,5	7 228,5	7 645,0	7 725,0	7654,6
	Получение извне, млн. кВт.ч	324,7	274,0	168,9	174,4	172,7
	Передача в другие регионы, млн. кВт.ч	1 558,0	749,0	996,6	1 173,4	882
	Потребление, млн. кВт.ч	7 245,2	6 753,5	6 817,3	6 726,0	6 945,3
2	<i>Теплоэнергия, тыс. Гкал</i>	19 800,0	18 440,0	17 800,0	17 103,0	14 721,9
3	<i>Уголь, тыс. т</i>					11
	Добыча	16 949,0	11 859,0	10 071,7	11 171,0	373,0
	Ввоз	261,0	287,0	121,0	85,6	58,6
	Вывоз	12 410,0	8 510,0	7 037,0	8 615,2	9353,5
	в т.ч. экспорт	7 038,0	4 910,0	4 467,0	5 127,1	5238,5
	Потребление	4 800,0	3 636,0	3 155,7	2 641,4	2 078,1
4	<i>Природный газ, млн. м<sup>3</sup></i>	1 402,0	1 666,0	1 620,9	1 564,9	1632,5
5	<i>Нефть, тыс. т</i>	41,0	105,0	344,9	334,4	323,5
	Вывоз нефти			76,1	-	-
6	<i>Газовый конденсат, тыс. т</i>	66,7	81,2	74,0	77,7	87,5
7	<i>Дрова, тыс. ту.т.</i>	1 543,0	1 309,0	640,1	545,3	545,2
8	<i>Завоз нефтепродуктов, тыс. т</i>	2 140,0	1 264,0	803,1	928,0	786,8
9	<b>Итого в условном исчислении, тыс. т у. т.:</b>					
	<b>Производство ТЭР</b>	<b>16 670,0</b>	<b>13 059,0</b>	<b>12407,0</b>	<b>13164,3</b>	<b>13390,7</b>
	<b>Ввоз ТЭР</b>	<b>3 338,0</b>	<b>2 076,0</b>	<b>1322,5</b>	<b>1611,4</b>	<b>1202,2</b>
	<b>Вывоз ТЭР</b>	<b>10 182,0</b>	<b>6 900,0</b>	<b>5950,6</b>	<b>7079,6</b>	<b>7638,1</b>
	<b>Потребление ТЭР</b>	<b>9 826,0</b>	<b>8 235,0</b>	<b>7701,4</b>	<b>7740,2</b>	<b>7033,2</b>

*Электроэнергетика и теплоснабжение.* Централизованным электроснабжением в настоящее время охвачено около 36% территории республики или 18 из 35 административно-территориальных единиц (улусы, районы), образовавших три энергорайона централизованного электроснабжения: Западно-Якутский, Центральнo-Якутский и Южно-Якутский, в которых проживает более 85% населения республики. Из трех названных энергорайонов централизованного электроснабжения только Южно-Якутский технологически связан с ОЭЭС Востока по ЛЭП 220 кВ Нерюнгри-Тында. Другие два энергорайона продолжают развиваться автономно. С 1 февраля 2007 г. Южно-Якутский энергорайон ОАО АК «Якутскэнерго» переведен в состав ОАО Дальневосточной энергетической компании (ОАО «ДЭК»).

К так называемому «Северному энергорайону» РС (Я) относятся территории остальных 17 административно-территориальных единиц (улусов, районов) республики, где основой системы электроснабжения являются источники электроэнергии малой мощности (ИЭММ) преимущественно на базе дизельэлектрических установок (ДЭС) с распределением электроэнергии на напряжении 0,4-10,35 кВ. Исключение составляет р.п. Черский, присоединенный к сетям Билибинской АЭС «Чукотэнерго».

В структуре валового потребления большую долю занимают промышленность (52,3%), коммунально-бытовое хозяйство (15,0%) и сельское хозяйство (8,04%).

Тепловое хозяйство Республики Саха (Якутия) включает в себя: теплогенерирующие источники ОАО АК «Якутскэнерго» (Якутская ГРЭС, Якутская ТЭЦ, Чульманская ТЭЦ, Нерюнгринская ГРЭС с пиковой и водогрейными котельными) суммарной установленной тепловой мощностью 2714 Гкал; 1796 котельных ГУП ЖКХ; 141 ведомственных промышленных и отопительных котельных; автономные встроенные, домовые теплогенераторы, бытовые отопительно-варочные печи населения; 4040 км тепловых сетей в двухтрубном исчислении, из них в коммунальной собственности находится 1792 км или около 45% всех тепловых сетей.

*Угольная промышленность.* Условия добычи, особенности транспортных коммуникаций и характер потребителей разделяют все угледобывающие предприятия на две группы – северную и южную. К северной группе угледобывающих предприятий относятся одна шахта – Джебарики-Хайа и шесть разрезов. В южную группу угледобывающих предприятий входят пять действующих угольных разрезов и четыре угольные шахты.

Добыча угля в целом по республике в первом периоде реформирования снизилась с 16,9 млн. т в 1990 г до 10,1 млн.т в 2000 г, т.е. в 1,68 раза. В течение второго периода (2000-2006 г.г.) объем добычи вырос в 1,12 раза. Потребление угля внутри республики монотонно падает и за 16 лет (по сравнению с уровнем 1990 г) снизилось в 2,3 раза. Основная причина такого падения внутреннего потребления угля объясняется снижением потребления единственным крупным потребителем - Нерюнгринской ГРЭС, ликвидацией промышленных предприятий Северо-Востока республики, а также развитием газификации населенных пунктов в Центрально-Якутском энергорайоне.

*Газовая промышленность.* Добыча природного газа в Республике Саха (Якутия) осуществляется двумя предприятиями: ОАО «Якутгазпром» и ОАО «АЛРОСА-Газ». Весь рассматриваемый период добыча газа находилась примерно на одном уровне: 1402,0 (1990 г), 1666,0 (1995 г) 1620,8 (2000 г.), 1564,9 (2005 г) и 1632,5.млн.куб.м (2006 г). В ближайшие годы в связи с завершением строительства газопровода Среднеботуобинское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) – Мирный-Айхал и Удачный, реализацией «Программы газификации населенных пунктов Республики Саха (Якутия)» объем внутреннего потребления природного газа в республике может превысить 2 млрд. куб/м. в год.

*Нефтяная промышленность.* Добыча нефти во втором периоде стабильно ведется на Талаканском, Иреляхском и Среднеботуобинском месторождениях в суммарных объемах: 344,84 (2000 г.), 358,37 (2001 г.), 340,82 (2002 г.), 287,45 (2003 г.), 295,2 (2004 г.), 334,4 (2005 г.) и 411,0.тыс.т. (2006 г).

Созданное в свое время нефтеперерабатывающее производство на базе малотоннажных нефтеперерабатывающих установок (НПУ) не оправдало себя и дискредитировало принятую Правительством РС (Я) правильную политику обеспечения энергетической безопасности республики: гарантированно обеспечить собственным производством минимально необходимый объем потребностей в светлых нефтепродуктах. Все три созданные на территории республики нефтеперерабатывающие комплексы приостановлены.

В настоящее время освоение Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения начало осуществлять ОАО «Сургутнефтегаз», согласно его планам добыча нефти на месторождении к 2015 г. составит 10 млн.т. в год, к 2020 г. – порядка 12 млн.т.

Из анализа исходного уровня развития экономики и энергетики, изложенного выше, возникает вопрос: есть ли на самом деле явный рост производства в Республике Саха

(Якутия)? Ведь из приведенных данных удвоение ВРП к 2010 г не просматривается. Тут не мешает вспомнить, что говорил выдающийся экономист, лауреат Нобелевской премии В.В. Леонтьев: «если вы хотите узнать, растет ли у вас производство или нет, посмотрите потребление электроэнергии и объем грузовых перевозок». Для сравнительного анализа приведены индексы объемов потребления электроэнергии и грузооборота транспорта общего пользования в РФ и РС (Я) в течение всего периода реформирования российской экономики. Из приведенных иллюстраций видно, что для первого периода (1990-2000 г.г.) характерно монотонное падение потребления электроэнергии и объема грузоперевозок в Российской Федерации в целом и резкое падение объема грузооборота в Республике Саха (Якутия). Во втором периоде (2000-2006 г.г.) объем грузоперевозок и потребление электроэнергии в России в целом монотонно растут. В Республике Саха (Якутия) потребление электроэнергии в течение обоих периодов был устойчиво равным, но явного роста объема электропотребления не наблюдалось. Объемы грузоперевозок после падения в первом периоде стабилизировались на одном уровне и не росли во втором периоде. В настоящее время транспортная система РС (Я) не соответствует современным потребностям экономики и является ограничением для ее развития.

Таким образом, если судить по индикаторам В.В. Леонтьева, то во втором периоде в Российской Федерации в целом производственная сфера медленно, но стабильно начала расти. О Республике Саха (Якутия) этого сказать нельзя. Без роста объема потребления электроэнергии и объема грузоперевозок маловероятен рост производства в отраслях экономики. Монотонный рост ВРП (темп прироста 2,49%) можно объяснить ростом услуг и ростом цен продукции некоторых отраслей.

Положительной стороной исходного («стартового») уровня развития экономики и энергетики РС (Я) является то, что опорой для дальнейшего развития экономики и энергетики будет их (экономики и энергетики) стабильность. Хотя сегодняшнее состояние электроэнергетики и транспортной системы не в состоянии обеспечить желаемый рост экономики республики. Не зря в своем выступлении в Якутске в январе 2006 г. Президент Путин В.В. поручил Правительству РФ с участием Правительства РС (Я) разработать «Схему комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года» (далее «Схема развития...»), делая ударение на транспорт и энергетику (2).

#### *Новые условия развития ТЭК*

В наступившем XXI веке общемировое значение стран АТР диктуют стратегическую важность усиления для России восточного геополитического направления ее внешнеэкономических и энергетических связей – быстрого и широкомасштабного развития энергетики с формированием новых энергетических центров (3), развития железнодорожной и энергетической инфраструктуры, межгосударственных газо-, нефтепроводов и линий электропередачи.

Новый этап развития экономики Республики Саха (Якутия) характеризуется появлением ряда новых факторов, которые не только во многом уже определяют текущее положение энергетического комплекса республики, но и являются основными ориентирами при выборе долгосрочной стратегии его развития. Это:

- Реальная необходимость завершения строительства Амуро-Якутской железнодорожной магистрали (АЯМ) – Беркакит-Томмот-Якутск;
- Начало практического формирования Энергетических центров Востока России;
- Расширение трубопроводной системы «Восточная Сибирь-Тихий океан»;

- Создание в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР;

- Создание экспортной электропередачи ЭЭЦ Востока России на рынки Китая.

Основу круглогодичной опорной транспортной сети Республики Саха (Якутия) должны составить железнодорожная линия Беркакит-Томмот-Якутск и автомобильные дороги с твердым покрытием. Окончание строительства железной дороги АЯМ до 2012 г. соединит широтные национальные транспортные артерии: транссибирскую и БАМ, с одной стороны, и Северный морской путь – с другой, создав тем самым транспортный коридор, который в случае ожидаемого строительства моста через р. Амур в районе Благовещенска приобретает международный характер. Строительство автомобильных дорог «Колыма», «Виллой» и «Амга» создаст условия для усиления интеграции в межрегиональные транспортные потоки с Магаданской, Иркутской, Амурской областями и Хабаровским краем (1).

Обжитая часть территории, охватываемая Западно-Якутским, Центральным-Якутским и Южно-Якутским энергорайонами, превратится в зону круглогодичного транспортного обеспечения, что позволит снизить стоимость энергоносителей, ускорит реализацию приоритетных инвестиционных проектов топливно-энергетического, горнодобывающего, лесопромышленного комплексов и др. объектов, предусмотренных в «Схеме развития...».

В современных условиях развития в пределах ЮЯ ТПК (г.г. Нерюнгри, Алдан, Олекминск с подчиненными территориями – 416,5 тыс.кв.км) предстоит создать новый, мощный энергетический центр, поставляющий не только энергетические и безальтернативные по качеству коксующиеся угли, но и значительные объемы электрической энергии на базе использования промпродукта углеобогащения и освоения гидроэнергоресурсов бассейнов рек Алдан и Олекма. То есть, здесь может быть создан новый мощный угольно-гидроэнергетический центр на Востоке России – Южно-Якутский угольно-энергетический центр (ЮЯ УГЭЦ).

В целях воссоздания государственной нефтегазовой отрасли, укрепления ее ресурсной базы формируется новый энергетический центр на базе освоения углеводородных ресурсов Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) – нефтегазовый центр Восточной Сибири и Республики Саха (НГЦ ВС И РС (Я)).

Начато строительство нефтепроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО), в результате расширения которой трасса будет проходить по территории Иркутской области – 445 км, Республики Саха (Якутия) – 1363 км, Амурской области – 112 км.

Вторым нефтегазовым энергетическим центром на Востоке России является нефтегазовый центр о. Сахалин (Сах. НГЦ) на базе освоения углеводородных ресурсов шельфа и суши.

Впоследствии Сах.НГЦ и НГЦ ВС И РС (Я) должны будут объединены в Единый нефтегазовый центр Востока России (ЕНГЦ ВР).

В последнее время заинтересованность стран СВА - Китая, Кореи, Японии – в масштабном импорте электроэнергии из России усиливается, обусловленная высокими темпами роста электропотребления в этих странах.

В связи с этим возникает необходимость создания на Востоке страны мощного электроэнергетического центра на базе объединения электроэнергетических систем Восточной Сибири и Дальнего Востока. При этом наиболее предпочтительным вариантом создания электроэнергетического центра Востока России (ЭЭЦ ВР) является объединение ОЭЭС Восточной Сибири и Дальнего Востока с охватом трех узлов централизованного электроснабжения Республики Саха (Якутия).

### *Приоритеты энергетической стратегии*

В новых условиях развития экономики и энергетики в России и в мире для Восточной Сибири и Дальнего Востока, в том числе Якутии, максимально эффективное использование ресурсного и производственного потенциала энергетического комплекса возможно лишь при проведении разумной энергетической кооперации России со странами АТР.

По итогам обсуждения на заседании Правительства РФ, которое состоялось 8 февраля 2007 года, принято решение поддержать «Схему комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 г» и рекомендовать при разработке стратегии социально-экономического развития Дальневосточного федерального округа на период до 2025 года» учитывать ее основные положения (4).

В соответствии со «Схемой развития...» в результате реализации крупнейших инвестиционных проектов, создания новых промышленных отраслей и т.д. к 2020 г. валовой региональный продукт РС (Я) должен увеличиться в 2,8 раза, а реальные доходы населения возрасти в 3,6 раза.

Ориентировочная стоимость всех инвестиционных проектов, предусмотренных при разработке «Схемы развития...» составляет 2388,2 млрд. рублей (табл. 2). В том числе на проекты ТЭК (электроэнергетики, нефтяной, газовой и угольной промышленности) приходится 1402,8 млрд. рублей, т.е. более половины суммарной стоимости проектов (58,8%).

Ниже приводится краткая характеристика главных приоритетов энергетической стратегии Республики, предусмотренных в «Схеме развития...».

Таблица 2

**Перечень направлений и ориентировочная стоимость инвестиционных проектов, принятых для рассмотрения при реализации «Схемы комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики РС (Я) на период до 2020- 2030 г.г.» (1)**

№ п/п	Направление проектов	Ориентировочная стоимость проекта, млрд. руб.
1	Электросетевые объекты по ОАО «ФСК ЕЭС»	164,85
2	Объекты Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса	387,13
3	Объекты строительства и реконструкции ТЭС ДЗО ОАО РАО «ЕЭС России» по ОАО АК «Якутскэнерго»	29,5
4	Нефтегазовый комплекс	709,0
5	Угольная промышленность	112,3
6	Горнодобывающий комплекс	365,6
7	Лесопромышленный комплекс	6,1
8	Строительство	4,9
9	Транспортный комплекс	608,8
10	ИТОГО	2 388,18

*Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность.* Развитие отрасли связано с освоением нефтяных месторождений: Талаканского (ОАО «Сургутнефтегаз»), Среднеботуобинского (ОАО «Гаас-Юрях нефтегазодобыча»), Иреляхского (АК «АЛРОСА») и других с учетом расширения трубопроводной системы ВСТО. Если сейчас добывается немногим более 300 тыс.т нефти, то к 2020 г. объем добычи планируется довести до 12,7 млн.т. Общей ориентировочный объем требуемых инвестиций 206 млрд. рублей. Проект находится в стадии осуществления. Ввод первых мощностей намечен на 2008 год.

*Газовая промышленность.* Планируется освоение Чаяндинско-Ботубинской группы месторождений газа, строительство газоперерабатывающего завода и магистрального газопровода из Якутии на Дальний Восток. Добыча газа должна увеличиться с 1,6 млрд.м<sup>3</sup> на сегодня до 13 млрд.м<sup>3</sup> в 2013 году и 34 млрд.м<sup>3</sup> в 2020 г. Реализация этого проекта позволит газифицировать южные районы республики, обеспечит участие газовых ресурсов Якутии в газификации Амурской области, Еврейской автономной области, Приморского края и создаст предпосылки для организации в указанных субъектах ДВФО газохимического производства, ускорит создание в Восточной Сибири и Дальнем Востоке Единой системы добычи, транспортировки и газоснабжения с учетом масштабного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР.

*Угольная промышленность.* «Схемой развития...» предусмотрены как модернизация действующих производственных мощностей, так и реализация новых проектов. Крупнейшим из новых является проект освоения уникального по запасам Эльгинского месторождения коксующихся углей мощностью первого этапа 20 млн.т в год. Его освоение, без учета строительства железной дороги Улах-Эльга, потребует 74 млрд. рублей. Кроме Эльгинского месторождения предусматривается до 2010 г. строительство еще 5 шахт в окрестностях Нерюнгринского разреза суммарной мощностью 8,6 млн.т , общим объемом требуемых инвестиций 28,7 млрд.рублей.

*Электроэнергетика.* Главным проектом в развитии электроэнергетики в пределах формирования Южно-Якутского угольно-гидроэнергетического центра «Схемой развития...» определен Южно-Якутский гидроэнергетический комплекс (ЮЯ ГЭК), состоящий из каскада 7 ГЭС общей мощностью 8,5 млн. кВт. Общая ориентировочная стоимость проекта ЮЯ ГЭК 387,13 млрд. рублей. Полное развитие ЮЯ УГК до 2030 года предусматривает строительство ТЭС на использовании промпродукта углеобогащения, в том числе расширение мощности Нерюнгринской ГРЭС до 1215 МВт.

Таблица 3

**Прогноз производства и потребления энергоресурсов в Республике Саха (Якутия)  
Сценарий 1 – инерционный, 2 – инновационный**

	2000	2005	2010	2010	2015	2015	2020	2020
<u>Электроэнергия (млн.кВт.ч)</u>			1	2	1	2	1	2
Производство	7645	7725	9433	11689	11065	19648	12983	41818
в т.ч. ГЭС	2971	2851	3088	3366	3526	4000	4175	9000
Получение	169	174	180	190	170	160	150	100
Выдача	997	1174	1500	2100	2000	5900	3800	19700
Потребление	6817	6726	8113	9779	9235	13908	9333	22218
<u>Уголь (тыс.т)</u>								
Добыча	10071	11171	15585	20502	20915	40245	40215	44169
Ввоз	119	58	61	61	61	61	61	64
Вывоз	7206	8234	12521	16559	17014	35711	35160	36337
Потребление	2984	2905	3125	4004	3962	4595	5116	7896
<u>Нефть (тыс.т)</u>								
Добыча	345	334	4158	4460	10436	10664	11763	12696
Вывоз	77	99	3928	3928	10206	9841	11533	11873
Потребление	268	235	230	532	230	823	230	823
<u>Нефтепродукты (тыс.т)</u>								
Производство	16	13	279	482	281	767	282	768
Ввоз	876	955	702	620	820	1784	922	3232
Потребление	892	968	981	1102	1101	2551	1204	4000
<u>Природный газ (млн.куб.м)</u>								
Добыча	1647	1565	1742	1742	1750	2800	1921	34600
Вывоз								31400



Потребление	1647	1565	1742	1742	1750	2800	1921	3200
Прочие (дрова и НВИЭ) (тыс.т у.т)								
Производство	610	538	498	368	402	332	380	311
Потребление	610	538	498	368	402	332	380	311
Итого в условном исчислении, тыс.т у.т								
Производство ТЭР	12403	13198	22012	26341	32375	52137	52669	98644
Ввоз ТЭР	1375	1467	1091	966	1261	2651	1408	4745
Вывоз ТЭР	5993	6939	15583	18887	27839	42777	44396	85878
Потребление ТЭР	7785	7726	7520	8421	5797	12011	9682	17511

На основе рассмотренных сценариев частных (отраслевых) балансов получены два, в определенном смысле крайних, пониженный и повышенный, варианта ТЭБ на период до 2020 года как основы формирования стратегии развития ТЭК в органической взаимосвязи с прогнозами экономического и социального развития республики (табл. 3).

Общим для обоих вариантов ТЭБ РС (Я) на период до 2020 года является, во-первых, продолжение доминирующей роли угольной промышленности в добыче (производстве) первичных энергоресурсов; во-вторых, рост добычи и выдача природного газа на энергетический рынок вне республики не ранее 2015 года; и в третьих, начало масштабной добычи нефти уже до 2010 года.

Предполагаемый общий годовой объем поставок энергоресурсов с территории Республики Саха (Якутия) на внутренний и внешний рынок Востока России может составить около 15,6-18,9 млн. т у.т в 2010 году и 44,4-85,8 млн. т у.т в 2020 г. В том числе поставка угля составит 12,5-16,6 млн.т в 2010 году и 35-36 млн.т в 2020 году; нефти соответственно 3,9 млн.т и 11,5-11,8 млн.т. Объем поставок природного газа на рынок вне республики 31 млрд. куб.м в 2020 г. Рост объема выдачи электроэнергии на внешний рынок при условии создания генерирующих мощностей и развития межрегиональных и межгосударственных электрических сетей, начнется к 2014 г. и составит 2-6 млрд.кВт.ч в 2015 г., 3,8-20млрд.кВт.ч в 2020 г.

В результате завершения «Схемы развития...» Российская Федерация и Республика Саха (Якутия) получили важные ясные ориентиры в динамике развития экономики республики в целом с выделением транспортного и энергетического комплексов. То есть, основные положения «Схемы развития...» положены в основу новой системы государственного и регионального регулирования развития производительных сил РС (Я) с систематической периодической корректировкой.

После одобрения Правительством РФ «Схемы комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года» появились и разрабатываются новые проекты: принята Правительством РФ целевая программа «Развитие Дальнего Востока и Забайкалья на период до 2013 года (2007), принята за основу «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года (Дальневосточный федеральный округ РФ (19.04.2007 №15), Приказом Минпромэнерго России утверждена «Программа создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР (7 сентября 2007 г); разрабатываются «Стратегическая программа развития БАМ на перспективу до 2020 года с учетом строительства ВСТО», «Разработка стратегии развития ТЭК Восточной Сибири и Дальнего Востока на период до 2030 г в увязке с энергетической стратегией России», Концепция «Комплексное развитие Южной Якутии», «Концепция развития электроэнергетики РС (Я) на период до 2030 года с

присоединением Якутской энергосистемы к единой национальной сети России», «Оптимизация локальной энергетики РС (Я)» и т.д. и т.п.

Существенные изменения в международной обстановке и новые тенденции в развитии энергопотребления внутри Республики и в регионе Востока России вынуждают нас значительно переработать и уточнить свои прежние долгосрочные прогнозы динамики топливно-энергетического баланса Республики. Поддержка Правительством РФ активной энергетической политики по вовлечению топливно-энергетических ресурсов Якутии в формирование новых энергетических центров Востока России создает реальные условия для дальнейшего развития в Республике Саха экспортноориентированных региональных и межрегиональных бюджетообразующих предприятий угольной, нефтегазовой промышленности и электроэнергетики, а также для расширения газификации и углубления электрификации населенных пунктов, повышения качества жизни всего населения республики., которое не должно повторить участь населения Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого национальных округов, где по данным Института социально-экономических проблем народонаселения (ИСЭПН РАН) доходы 10% наиболее обеспеченного населения превышают доходы 10% наименее обеспеченного населения в 27-28 раз (5).

#### **Литература**

1. Схема комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года. М.-Якутск (одобрена Правительством РФ 08.02.2007 г.).
2. Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросам социально-экономического развития Республики Саха (Якутия). 6 мая 2006.
3. Петров Н.А. Ресурсный потенциал Республики Саха // Нефтегазовая вертикаль. №11. М., 2006.
4. Выписка из протокола заседания Правительства РФ от 8 февраля 2007 г. №5.
5. Лифшиц В.Н. Какое государство нужно нашей экономике и какая экономика нужна нашему государству / Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса». Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН, 30 мая 2006.

### **ДИАГНОСТИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ СТАРЕЮЩИХ БОЛЬШИХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

Слепцов О.И., д.т.н., Лыглаев А.В., д.т.н.,  
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск

На Крайнем Севере, т.е. на Северо-Востоке России, в настоящее время нет таких особо опасных промышленных объектов, аварии которых принесли бы большие человеческие жертвы или привели бы к большим экологическим катастрофам. Имевшие случаи аварий из-за хрупкого разрушения металлоконструкций, в основном, приносили крупные экономические потери. Например, разрушение мотор-колес на автосамосвалах особо большой грузоподъемности в условиях низких климатических температур принесло известной американской фирме «Катапиллер» большие затраты на замену кожуха мотор-колеса на кожух из более хладостойкой стали.

Многочисленные разрушения стрел экскаваторов в условиях низких климатических температур привели к изменению всей технологической цепи их изготовления, что связано с большими экономическими затратами.

Даже аварии на газопроводе Матах-Берге-Якутск при разрушении труб в зимнее время не приводили к замораживанию больших жилых массивов или к эвакуации населения.

Только большой паводок на реке Лена в двухтысячном году в городе Ленске чуть бы не привел экологической катастрофе. Большой водой и льдами была снесена нефтебаза г. Ленска. К счастью, паводок произошел весной, когда большинство резервуаров были пусты после зимнего периода их эксплуатации. Поэтому большого катастрофического разлива нефтепродуктов с попаданием в реку Лена не произошло.

Все течет и меняется. Количество опасных промышленных объектов в Якутии в ближайшее десятилетие может, резко возрасти. Следовательно, в скором времени проблема безопасности проживания от техногенных катастроф у нас станет острой.

Наш Институт проводит исследования причин разрушения различных элементов конструкций, как техники, так и больших механических систем, типа газопроводов. Результаты этих исследований используются для предотвращения хрупких разрушений в условиях низких климатических температур с целью повысить безопасность опасных промышленных объектов, которым относятся большие механические системы, или повысить эффективность техники в северном исполнении. Эффективность тесно связана с экономикой. Кроме того, повышение качества изготовления иногда бывает достаточно для повышения надежности, чтобы выполнить поставленную экономическую задачу. Особенно это относится к технике Севера. Эксплуатация высококачественной японской и американской техники в горнорудных предприятиях Якутии почти сняло проблему эксплуатации техники в условиях низких температур. В наше рыночное время если наши российские производители повышают качество своих бульдозеров, тракторов, автосамосвалов до уровня зарубежных, то проблема создания особой Техники Севера, стоявшая перед нами снимется само собой.

А вот вопросы повышения безопасности опасных промышленных объектов путем предотвращения хрупких разрушений их элементов с каждым годом становятся актуальными и острыми, особенно это относится нефтегазопроводам Якутии, типа ВСТО.

Правительством нашей Республики разработана и утверждена на федеральном уровне Схема развития производительных сил, энергетики и транспорта Республики Саха (Якутия) до двухтысячного двадцатого года. Конечно, вся схема развития связано с разработкой полезных ископаемых.

Наиболее опасным с точки зрения создания опасных промышленных объектов, в смысле повышения вероятности техногенных катастроф, является освоение и транспортировка нефти и газа, т.е. освоение нефтегазовых месторождений – Талаканского, Чайандинского и других месторождений. Планируемый объем добычи – порядка 13 млн. тонн нефти, порядка 40 млрд. куб. м природного газа. Освоение других полезных ископаемых чревато своими отходами, т.е. загрязнением окружающей среды вредными веществами из-за своей технологии добычи полезных ископаемых, особенно урановых руд, месторождений Эльконской группы на юго-востоке Якутии.

Наиболее опасным промышленным объектом при освоении месторождений нефти и газа будет нефтепровод «Восточная Сибирь-Тихий океан». Повышение опасности техногенных катастроф на этом нефтепроводе может повыситься, если в этом же коридоре проложат и газопровод из труб большого диаметра.

Проект нефтепровода Восточная-Сибирь-Тихий океан через южную Якутию появился после известного решения Президента России Путина, о переносе нефтепровода на четыреста километров севернее Байкала. Начали его строить без проекта, как в старину на глазок. Экспертизу ОВОС (т.е. влияния нефтепровода на окружающую среду) провела та организация, кажется «Стройрезерв», которая обещала «Транснефти» положительное

заклучение без проведения полевых работ и изысканий и не зная местных условий, но имеющие большие связи в федеральных надзорных организациях. Имеется только техническое задание. А стройка идет, прорубается просека, трубы завозятся. Кстати о трубах производства Харцыского трубопрокатного завода, который является поставщиком труб для строительства ВСТО. В техническом задании было указано, в сертификате на партию труб должны быть, кроме стандартных характеристик, и результаты испытаний по DWTT. Кажется шестьдесят процентов вязкости при минус сорока градусов. На реальном сертификате на партию труб в колонке о результатах испытаний по DWTT стоит прочерк. После этого говорить о высокой хладостойкости поставляемых труб для ВСТО, вряд ли стоит говорить.

При таком подходе в самом начале реализации Схемы развития производительных сил, энергетики и транспорта Республики Саха вопросы безопасности опасных промышленных объектов становится очень острой.

Имеется большая вероятность того, что этот нефтепровод через лет 20-30 приведет большой экологической катастрофе, с охватом всей Якутии, т.к. все реки текут с юга на север. Общетехнических регламентов по эксплуатации стареющих опасных промышленных объектов нет. Даже не намечается их разрабатывать в ближайшие годы. Так что законных оснований для остановки промышленных объектов, достигших своего критического состояния, еще скоро не будет.

Для того чтобы разработать такие регламенты, необходимо провести исследования закономерностей поведения деградирующего твердого тела для создания основ прогнозирования ресурса стареющего опасного промышленного объекта, т.е. установить тот момент эксплуатации, когда дальнейшее эксплуатация становится опасным.

Сбор и обработка статистических данных по отказам газопровода Таас – Тумус – Якутск ведутся с момента его ввода. На основе этих данных была построена гистограмма количества отказов связанных с разрушением металла труб за весь период эксплуатации. Анализ этой зависимости показывает, что с 1975 по 1978 года зависимость носила стабильный характер, начиная с 1978 года, наблюдается рост количества разрушений. Это связано с вводом в эксплуатацию второй нитки подземного газопровода Мастах – Берге – Якутск.

Анализ наиболее характерных причин отказов газопровода Мастах-Берге-Якутск выявил, что более 50% отказов приходится на сварные кольцевые швы с образованием сквозной трещины-свища. Изучение причин образования свищей показывает, что основными очагами разрушений служат дефекты сварки корневого шва (непровары, поры, шлаки и т.д.), являющиеся концентраторами напряжений. Статистическим анализом размеров выявленных свищей, установлено, что свищи с размерами от 10 до 30 мм составляют более 55% от общего количества.

Общую последовательность развития разрушения трубопровода можно представить следующим образом. В результате циклических температурных напряжений и колебания рабочего давления за время эксплуатации трубопровода около дефектов (пор, непроваров, шлаковых включений и т.д.) накапливаются повреждения, которые служат зародышем магистральной трещины. В процессе эксплуатации с образованием сквозной трещины-свища происходит хрупкое или квазихрупкое распространение трещины по металлу кольцевого сварного шва с последующим выходом в основной металл.

Изломы разрушившихся труб и сварных соединений, как правило, имеют хрупкое строение без видимых пластических деформаций с характерным для этого вида шевронным узором. Основным механизмом разрушения является отрыв, однако, имеются и вязкие

разрушения основного металла труб с незначительной утяжкой, при этом разрушение происходит по механизму сдвига.

Статистический анализ отказов работы газопровода показал, что частота разрушений имеет определенную связь со сменой времени года, т.е. с сезонными колебаниями температуры грунта и газа. Наибольшее количество отказов приходится на осенние месяцы, именно в этом периоде произошли более 40% всех разрушений, что объясняется резким увеличением потребления газа и геокриологическими условиями этого времени года.

Однако в последнее время ряд разрушений на магистральных газопроводах «первого поколения» показывают на усталостный вид развития трещин по основному металлу. Как уже сказано выше, часть системы газопроводов имеет эксплуатационный возраст 30 и более лет, общее техническое состояние линейной части этих газопроводов с каждым годом ухудшается, так как эксплуатационный ресурс практически исчерпан. Моральный и физический износ данной линейной части газопроводов привела на сегодняшний день к непрерывному увеличению: затрат на восстановление и объема работ по ликвидации и частичному предупреждению аварий, в том числе на ремонт свищей и трещин в сварных швах, вырезку гофров, замену антикоррозионного покрытия в местах ее нарушения, подсыпку и обваловку отдельных участков газопровода. Из-за старения металла труб газопровода, существенно снизилась сопротивляемость сварных соединений и основного металла хрупкому разрушению, происходит необратимое изменение механических свойств и характеристик трещиностойкости. В этих условиях, очевидно, возрастает риск катастрофических разрушений, прежде всего участков газопроводов смонтированных более 30 лет назад, общая длина которых составляет примерно около 200 км, так как скорость протекания разрушения в этих конструкциях значительно больше, чем в конструкциях с наибольшим запасом прочности. Кроме того, необходимо учитывать тот факт, что исследуемый газопровод был спроектирован и смонтирован в то время, когда не было достаточного опыта по эксплуатации газопроводов в условиях Крайнего Севера.

Так 9 апреля и 17 апреля 2003 г. на 185 и 183 км II-й нитки магистрального газопровода Берге-Якутск произошли аварии с разрушением металла трубопровода. Аварии, представляют собой раскрытие металла вдоль газопровода протяженностью на несколько метров.

Визуальные и фрактографические обследования фрагментов разрушившихся труб газопровода Берге-Якутск на 185 км показывают, что очаг разрушения расположен с внутренней стороны исследуемой трубы в околошовной зоне, имеет достаточную протяженность и замедленное развитие усталостной трещины по основному металлу, о чем свидетельствует окисление поверхности. Непосредственный очаг усталостного разрушения, имеющий коррозионное растрескивание, покрыт толстым слоем коррозии и отложений органических продуктов, вследствие чего невозможно определить тонкую структуру очага разрушения. Зона распространения трещины составляет протяженность 30 мм и глубину 3,5 мм, где просматриваются бороздчатые структуры, свидетельствующие усталостный рост трещины, также присутствуют продукты коррозии. Общую продолжительность роста данной трещины можно оценить от нескольких до десятков лет. Изломы очага распространения трещины показывают на хрупкий вид, разрушение происходило механизмом отрыва, на местах остановки трещины переходящим на квазихрупкий вид с пластическими составляющими. Спектральным анализом установлено, что материалы разрушившихся труб соответствуют маркам стали 17Г1С и 09Г2С. Наибольшее разрушение произошло, по основному материалу стали 17Г1С. Расчетное значение внутреннего разрушающего давления с обнаруженной усталостной трещиной составляет 45,38 кг/см<sup>2</sup>. Результаты механических испытаний показывают повышение прочностных характеристик временного

сопротивления и предела текучести и снижение пластических характеристик материала труб (относительного удлинения и относительного сужения) до 7-8% от требований ГОСТ 19281, ГОСТ 20291. Результаты испытаний на ударную вязкость показывают на снижение характеристик ударной вязкости в околошовной зоне до 50% и более по сравнению с основным металлом трубопровода, это объясняется деформационным старением основного металла газопровода и особенно металла в зоне термического влияния, вследствие длительного периода эксплуатации.

Из этого анализа можно видеть, что новая труба остановила трещину, а старая труба рассыпалась на осколки. Можно предположить, что за последние пятнадцать лет в металле старой трубы накопилось столько повреждений, что любое нарушение сплошности тела трубы будет приводить к спонтанному разрушению. Отсюда вытекает общая постановка задачи исследований стареющих опасных промышленных объектов, типа газонефтепроводов большого диаметра – **каким образом обнаруженные дефекты при проведении диагностики стареющих металлоконструкций ранжировать не только по геометрическим размерам и формам, но и по степени риска возникновения катастрофических аварий с учетом накопления повреждений в процессе эксплуатации.**

Показана схема исследования накопления повреждений и определения их критических значений, по изменению количества объемных дефектов в процессе периодического неразрушающего контроля. Результаты этого анализа позволяют сделать предположение о том, что чем дольше будет эксплуатироваться газонефтепровод большого диаметра, тем больше станет количество объемных дефектов в кольцевых сварных швах. Так же можно предположить, что это количество как-то связано с накоплением повреждений в металле трубы, как показано на нижних рисунках.

Связь между изменением объемности дефектов и накоплением повреждений можно оценить согласно теории Работнова-Качанова.

Критическое значение накопленных повреждений в зависимости от температуры эксплуатации можно устанавливать через смещение температуры хрупкости по Махутову Н.В., т.е. оценить остаточную хладостойкость. Для этого надо разработать сам метод такой оценки.

В конце 1980-х годов академиком В.П. Ларионовым с учениками была выдвинута гипотеза о том, что хрупкая трещина в твердом теле с системой рассеянных повреждений является последствием прохождения автоволновой деформации, обладающей всеми свойствами солитона

Солитоны – структурно устойчивые уединенные волны, распространяющиеся в нелинейной среде. Солитоны ведут себя подобно частицам (частицеподобная волна): при взаимодействии друг с другом или с другими возмущениями они не разрушаются, а расходятся, сохраняя свою структуру неизменной

Если построить зависимость скорости трещины в твердом теле с системой рассеянных повреждений, растянутой силой  $P$ , от длины трещины  $L$ , то, как показывают многочисленные экспериментальные данные, имеется участок роста трещины, в котором скорость трещины постоянна  $V_{ст}$ . Было показано, что только на этом участке распространения хрупкой трещины выполняется условие автоволнового характера распространения трещины, т.е. когда нагрузка  $P > P_{крит}$ , выше некоторой критической величины и в твердом теле концентрация повреждений выше  $C^* > C^*_{крит}$ . Здесь следует заметить, что концентрация повреждений по сути своей эта некая мера, которая обобщенно учитывает влияние количества внутренних дефектов (в металлах это дислокации и вакансии кристаллической решетки, а также субмикродфекты зерен металла), на процессы трещинообразования при распространении хрупкой трещины, как последствия солитона

(автоволновой деформации). Иными словами при некотором распространении хрупкой трещины можно наблюдать распространение солитона в твердом теле, а не только (как утверждают американские ученые в наши дни) при явлении рассеяния рентгеновских лучей при взаимодействии с нейтронами, исходя из предположения, что осцилляции, расположенные случайным образом в кристаллической решетке урана при высокой температуре (солитоны кристаллической решетки), вызваны, скорее всего, сильными взаимодействиями электронов с протонами. Кроме того, они же говорят, что открытие солитона в твердом теле имеет важное значение для физики твердого тела и, в частности, для изучения свойств урана. Кроме того, оно поможет объяснить роль солитонов в биологических процессах. Полученная информация послужит также основой для разработки новейших приборов, использующих этот вид волн.

УДК 622.232/235(571)

### **РАЗВИТИЕ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ**

Соколов А.Д., д.т.н., Такайшвили Л.Н., к.т.н., ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск,  
sokolov@isem.sei.irk.ru , [luci@isem.sei.irk.ru](mailto:luci@isem.sei.irk.ru)

#### *Общие сведения и роль угля*

Дальневосточный федеральный округ (Дальний Восток России) занимает территорию более трети (36%) территории России (таблица 1), численность населения составляет 4,5% от населения России. Доля Дальнего Востока России в валовом национальном продукте в 2003 г. составила 5%. Добыча угля на Дальнем Востоке России в 2005 г. составила 32,7 млн.т - 10,9% от добычи по стране. Доля производства каждого из прочих энергоресурсов: электроэнергии, теплоэнергии и переработки нефти ниже 5%.

Уголь является важнейшим энергоресурсом на Дальнем Востоке России, основным источником энергообеспечения промышленных комплексов, коммунально-бытового сектора и населения. В 2005 г на Дальнем Востоке России потребление угля составило 17,8 млн. т у.т. [1,2], или 18,9% от общероссийского. Доля природного газа нефтепродуктов и прочих энергоресурсов в сумме составила 10,7 %.

Таблица 1

#### **Характеристика Дальневосточного федерального округа и его роль в производстве и потреблении топливно-энергетических ресурсов в России в 2005 г.**

Показатель	Россия	Дальний Восток	in fraction of Russia, %
Территория, млн. км <sup>2</sup>	17,1	6,2	36,2
Население, млн. чел	143,5	6,5	4,5
Валовой внутренний продукт*, трлн. руб.	11582,3	581,2	5,0
Добыча, производство:			
- уголь, млн. т	299,9	32,7	10,9
- электроэнергия, млрд. кВт·ч	952	40,6	4,3
- теплоэнергия, млн. Гкал	1417,8	68,0	4,8
- переработка нефти, млн. т	207,4	10,2	4,9
Потребление, всего, млн. т у.т.	732,1	31,1	4,5
-уголь	95,7	17,8	18,6
- природный газ	456,1	3,6	0,8
-нефтепродукты	102,7	8,1	7,8

-прочие виды топлива	77,6	1,6	2,1
----------------------	------	-----	-----

- ВВП 2003 г.

Уголь является важнейшим топливно-энергетическим ресурсом на Дальнем Востоке России, его доля в структуре потребления котельно-печного топлива составляет более 60% (рис. 1).

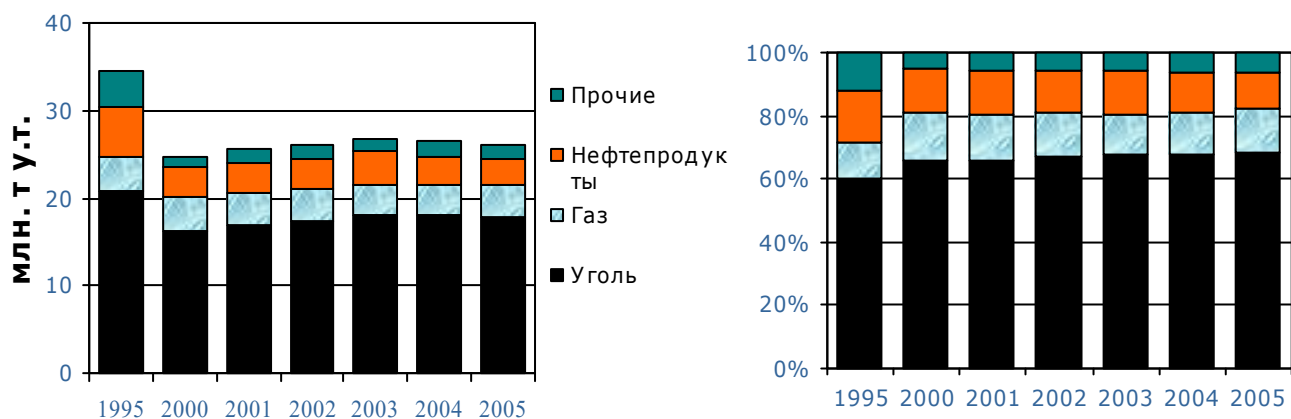


Рис. 1. Структура потребления котельно-печного топлива на Дальнем Востоке

#### Запасы угля

Дальний Восток располагают значительными ресурсами угля, необходимыми для удовлетворения собственной потребности в угле внутренними потребителями и экспортных поставок [3]. На долю Дальнего Востока приходится 10.1% от всех запасов России (таблица 2).

Отношение балансовых запасов угля к его ресурсам в целом по России составляет 4.5%, при этом на Дальнем Востоке – 1,5%. Это указывает на большие перспективы развития добычи углей за счет освоения пока не освоенных прогнозных ресурсов. Наиболее значительно угольный ресурсный потенциал реализован на месторождениях Приморского края (34%). В то же время остаются практически не освоенными огромные ресурсы Тунгусского, Ленского и ряда других бассейнов и месторождений.

Таблица 2

#### Соотношение разведанных запасов и прогнозных ресурсов угля

Регионы	Прогнозные ресурсы, млрд. т	Разведанные балансовые запасы (категорий А+В+С <sub>1</sub> )*, млрд. т	Отношение запасов к ресурсам, %
Россия, всего	4451 (100%)	200,6 (100%)	4,5
в том числе: Дальний Восток	1244 (28%)	20,3 (10,1%)	1,5

А+В+С<sub>1</sub> – доказанные запасы

Запасы угля, составляющие минерально-сырьевую базу дальневосточных регионов России, весьма неоднородны по своему составу и промышленной значимости (таблица 3). Из всех запасов категорий А+В+С<sub>1</sub> составляющих 20,3 млрд. т – 12,1 млрд. т (60%) приходится на бурые угли. На долю каменных углей приходится 40% запасов или 8,2 млрд. т, из которых 4,2 млрд. т запасов углей пригодных для коксования.



**Балансовые запасы угля Дальнего Востока по видам углей, млрд.т. (%)**

Тип угля	Балансовые запасы по категориям		
	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	Всего A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub> *
всего	20,3 (100)	9,6	29,9
Бурый	12,1 (60)	4,2	16,3
Каменный	8,2 (40)	5,4	13,6
из них коксующиеся	4,2 (21)	2,7	6,9
Для открытых работ	13,0 (64)	3,9	16,9

A+B+C<sub>1</sub> – доказанные запасы, C<sub>2</sub> – оцененные запасы

Значительная часть запасов (90%) сосредоточена на месторождениях с благоприятными условиями разработки: повышенным количеством угольных пластов, наличием мощных пологих пластов с неглубоким залеганием, что позволяет вести разработку углей наиболее эффективным – открытым способом.

В территориальном отношении около 50% запасов находится на территории Саха Якутия (рис. 2). Республика Саха (Якутия) является одним из основных субъектов Российской Федерации, где значительная часть разведанных запасов (42,3%) представлена коксующимися углями. Основной промышленный интерес в настоящее время представляют месторождения Южно-Якутского бассейна. На базе Южно-Якутского бассейна имеется возможность строительства новых шахт на Чульмаканском и Нерюнгринском месторождениях с запасами коксующихся углей особо ценных марок и строительства новых угольных разрезов на северо-западе Эльгинского месторождения.

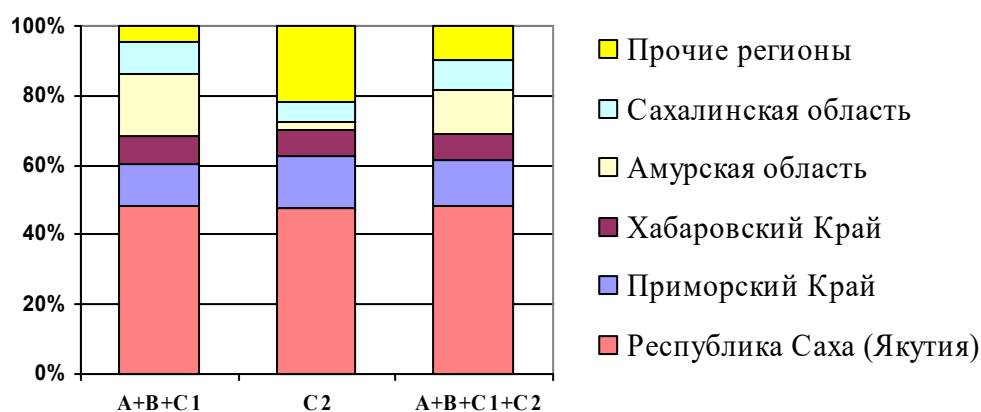


Рис. 2. Распределение балансовых запасов углей Дальнего Востока по субъектам РФ

На Дальнем Востоке достаточно есть месторождения бурых и каменных углей перспективные для разработки. Наиболее перспективными являются следующие месторождения: Нерюнгринское, Денисовское, Эльгинское и Чульмаканское – в Республике Саха (Якутия), Огоджинское-в Амурской области, Белопадненский и Мельниковский угленосные районы Партизанского бассейна и Константиновское месторождение Приморского края, Ургальское месторождение в Хабаровском крае.

При современном уровне потребления энергетических углей на Дальнем Востоке разведанных запасов углей хватит на 180 лет. Ресурсная база Дальневосточного региона и возрастающий спрос на уголь располагают к развитию угледобычи.

### *Производственная структура отрасли*

В угольной промышленности Дальнего Востока действовало по состоянию на 1.01.2006 г. 9 шахт и 40 разрезов [3], суммарной производственной мощностью – 32,9 млн. т, из них шахты – 4,9 млн. т, разрезы – 28 млн.т., а так же 3 обогатительных фабрик мощностью по переработке 6,4 млн.т (таблица 4). Численность занятых в угольной промышленности восточных регионов по состоянию на 1.01.2005 г. составляла 18,8 тыс. чел.- 9,9% от численности занятых в отрасли по стране при объеме добычи –10,4% от добычи по стране. Уголь на Дальнем Востоке добывается, в основном, открытым способом. В структуре добычи доля открытого способа составляет немногим менее 90%.

Таблица 4

### **Характеристика угольной промышленности Дальнего Востока (2005 г)**

Показатели	Россия	Дальний Восток	in fraction of Russia, %
Число предприятий:	222	49	22,1
В том числе:			
Шахт	95	9	9,5
Разрезов	127	40	31,5
Обогатительных фабрик	41	3	7,3
Добыча угля, млн, т	307,5	32	10,4
Обогащение и сортировка, млн, т	127,7	9,1	7,1
Численность персонала, тыс, чел,	190	18,8	9,9

### *Потребление угля*

Спрос на уголь на Дальнем Востоке удовлетворяется, в основном, собственными углями. Доля привозного с 24% в 2000 г, до 13,3% в 2006г. В 2006 г, на Дальнем Востоке потреблено 32,9 млн. т угля, в том числе привозных 4 млн. т (таблица 5). В привозных углях преобладает читинский (66%).

Таблица 5

### **Потребление собственного и привозного угля, млн. т/год**

Уголь	Год			
	2000	2002	2005	2006
Всего, в том числе	32,9	36,3	32,9	30,1
- привозной уголь	7,8	6,0	4,0	4,0
- дальневосточный уголь	25,1	30,3	28,9	26,1

Основным потребителем угля на Дальнем Востоке России являются электростанции (таблица 6). Для электростанций уголь является основным видом топлива. Более 50% потребляемого угля идет на действующие электростанции.

В 2005 г в топливообеспечении тепловых электростанций доля угля на Дальнем Востоке составила 64%. В топливном балансе котельных доля угля более 50% на Дальнем Востоке.

**Потребление угля на Дальнем Востоке, млн. т у.т.**

Направления использования	Год		
	1995	2000	2005
Всего	20,8	16,3	17,8
Включая:			
Электростанции	11,7	10,2	10,9
Котельные	5	3,7	4
Прочие	4,1	2,3	2,9

В связи с этим в восточных регионах сложился довольно устойчивый рынок различных как местных, так и привозных энергетических углей.

*Добыча угля*

В 2005 году на Дальнем Востоке России добыто 32,7 млн. т угля. Основные угледобывающие регионы это Республику Саха (Якутия) и Приморский Край, на долю которых приходится 35% и 33% от объемов добычи соответственно (рис. 3).

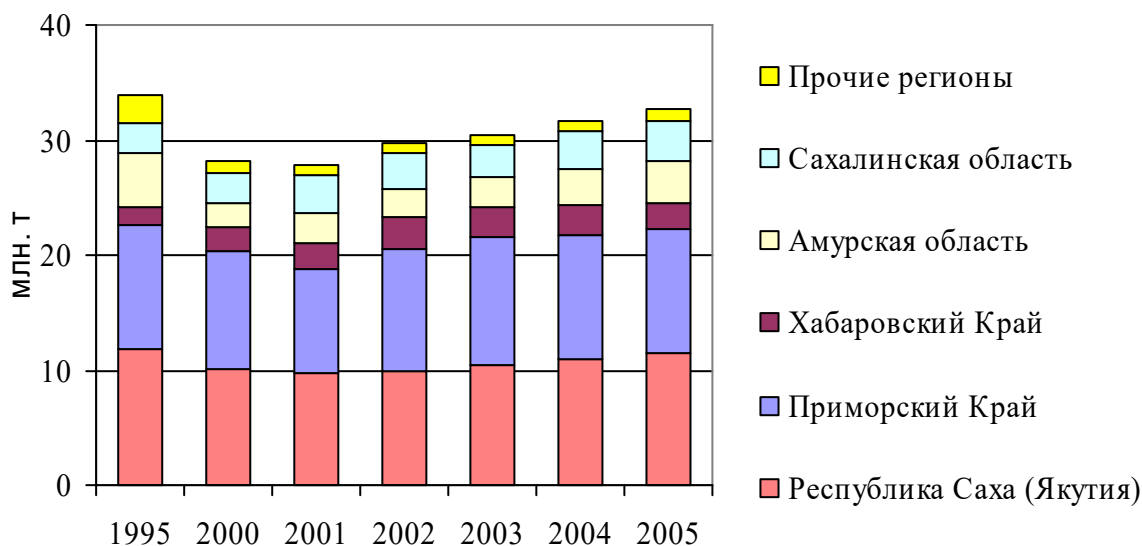


Рис. 3. Добыча угля на Дальнем Востоке

Рост объемов добычи дальневосточных углей с 2001 г, вызван сокращением завоза углей из Восточной Сибири из-за высокой цены привозных углей обусловленной высоким железнодорожным тарифом, по Дальнему Востоку, и Приморский край - 33% соответственно.

На Дальнем Востоке действуют 3 обогатительных фабрики в республике Саха (Якутия) и в Сахалинской области. В 2005 г. объем переработанного угля составил 6,8 млн. т или 20,8% от объемов добычи.

*Поставки дальневосточных углей*

Большая часть добываемых в регионе углей потребляется внутри региона. Угли Дальнего Востока поставляются так же на экспорт и, в незначительном количестве, в другие регионы России. Российский угольный экспорт в 2005 г. составил 80,2 млн.т, из них Дальний Восток поставил на экспорт – 6 млн.т (7,5%). На экспорт поставляются, в основном, нерюнгринские угли и, в небольших объемах, сахалинские.

### *Оценка состояния отрасли и основные проблемы*

Производственные мощности Дальнего Востока загружены практически полностью. На разрезах Дальнего Востока, особенно Приморья, крайне неблагоприятна обстановка с воспроизводством запасов угля. Это обусловлено отработкой запасов наиболее продуктивных угольных пластов с наименьшими коэффициентами вскрыши и вовлечения ранее подготовленных запасов угля без ведения вскрышных работ. Для поддержания, а тем более наращивания угледобычи необходимо увеличение объема вскрышных работ более чем в два раза.

На Дальнем Востоке развитие угольной промышленности, значительно отстает от растущей потребности в топливе, при этом почти весь добываемый уголь используется для внутренних нужд.

Отмечается тенденция ухудшения качества добываемых углей. Существует необходимость повышения потребительских свойств добываемых углей, строительства обогатительных фабрик и увеличения доли перерабатываемых углей.

Дальний Восток обладает высоким экспортным потенциалом. Для роста экспортных поставок необходимо развитие транспортной инфраструктуры и наращивание перевозочных мощностей железнодорожного транспорта для поставок угольной продукции, строительство разрезов и углеобогачительных фабрик и строительство портов и терминалов для экспорта угля.

### *Прогноз добычи и потребления углей*

Прогноз развития угольной промышленности в восточных регионах России дан на фоне стратегического сценария развития экономики этих регионов.

Стратегический сценарий развития экономики Восточной Сибири и Дальнего Востока предполагает, что к 2030 г. экономика России и восточных регионов в качественном и количественном отношении должна приблизиться к современному средневропейскому уровню. При этом темпы экономического роста в рассматриваемых регионах должны быть выше, чем в среднем по России (таблица 7).

Таблица 7

### **Экономические характеристики стратегического сценария развития экономики Дальнего Востока**

	2000 факт	Период		
		2005-2010	2010-2020	2020-2030
Среднегодовые темпы прироста ВВП, %				
Россия		5,7	6,8	4
Дальний Восток		5,8	6,9	4,1
Доля в общероссийском ВВП, %	5,1	5,5	6	6,2
Доля в населении России, %	4,8	4,9	5	5,1
ВВП на душу населения, тыс. долл. США/чел.	9,3	15	30	42

Развитие угольной промышленности для стратегического сценария развития экономики восточных регионов России определяется следующими факторами: ресурсным потенциалом; внутренним спросом (рис. 4); прогнозируемыми объемами экспорта (таблица 8) и межрегиональными поставками угля; повышением эффективности производства и потребления энергоресурсов.

Прогноз экспорта дальневосточного угля, млн. т

Регион	год			
	2010	2015	2020	2030
Всего	10,7	22,9	27,0	22,6
В том числе:				
Республика Саха (Якутия)	9,8	21,9	25,8	21,3
Сахалинская область	0,9	1	1,2	1,3

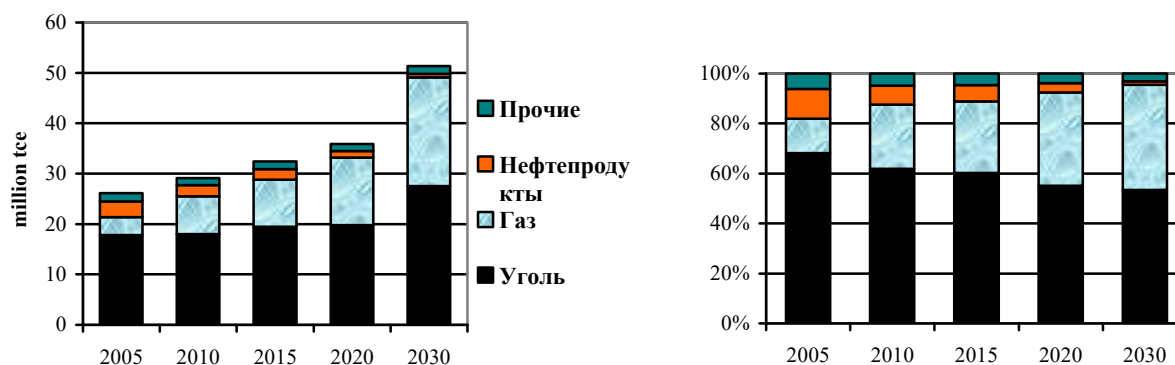


Рис. 4. Прогноз потребления котельно-печного топлива

Исследования, выполненные в ИСЭМ СО РАН, показывают, что потребление котельно-печного топлива на Дальнем Востоке к 2030 г. может возрасти по сравнению с 2005 г. почти в два раза. Основным видом топлива на предстоящую перспективу останется уголь. В структуре потребления котельно-печного топлива доля угля до 2010 г. сократится до 62%. К 2020 г. в связи с газификацией и доля угля снизится до 53%.

В институте систем энергетики СО РАН (ИСЭМ), имеются соответствующие методические наработки [4,5], разработана база данных и программный комплекс, предназначенные для исследования развития угольной промышленности. С использованием этого инструментария выполнены исследования развития угольной промышленности Дальнего Востока на перспективу до 2030 года. В качестве исходной информации рассматривали ресурсы энергетических углей, прогноз цен на энергетические угли, информация о проектном топливе для электростанций и возможности их работы на непроектном топливе.

Согласно выполненным исследованиям потребность в энергетических углях на Дальнем Востоке к 2030 году может возрасти по сравнению с 2005 годом, (таблица 9) а - на 9,7 млн. т у.т. до 28,8 млн. т у.т.

Таблица 9

Прогноз потребления угля, млн. т у.т.

Направление использования	год				
	2005	2010	2015	2020	2030
Всего	17,8	18,9	26,2	26,9	28,8
В том числе:					
Электростанции	10,9	11,5	18,4	19,9	22,8
Котельные	4	4,2	4,4	4,1	2,7
Прочие	2,9	3,2	3,4	2,9	3,3

Для принятой гипотезы рациональной потребности в угле, суммарные востребованные ежегодные объемы добычи дальневосточных углей могут составить: в 2010 году – 41,6 млн. т, а в последующие два пятилетия соответственно – 70,9 и 82,4 млн. т, а в 2030 г – 83,8 млн. т (таблица 10). Основной рост объемов угледобычи будет за счет развития добычи в Республике Саха (Якутия), в Хабаровском крае и в Амурской и Сахалинской областях (таблица 10), Республика Саха (Якутия) обеспечивает от 35% в 2005 г. до 60% и более, в 2015-2020 гг. и около 45% в 2030 г. добычи угля в регионе.

Таблица 10

**Прогноз добычи углей на Дальнем Востоке, млн.т**

Регион	год				
	2005	2010	2015	2020	2030
<b>ВСЕГО</b>	32,7	41,6	70,9	82,4	83,8
в том числе:					
Республика Саха (Якутия)	11,4	17,1	33	41,6	36,8
Приморский Край	10,9	11	13,3	14,3	14,4
Хабаровский Край	2,2	2,9	8,1	8,8	10,7
Амурская область	3,6	4,1	10	10,5	14,8
Сахалинская область	3,4	5,5	5,5	6,1	6
Прочие	1,1	1	1	1,1	1,1

На Дальнем Востоке собственных ресурсов достаточно для удовлетворения потребности (таблица 11). Объемы поставок привозных углей в удовлетворении потребности за рассматриваемый период снижается с 4 млн. т в 2005 году до 0,9 млн. т у.т. в 2030 г. Потребление собственных углей возрастет. Прогнозируется вывозить за пределы района нерюнгринские, эльгинские и сахалинские угли, главным образом, на экспорт от 6 млн. т в 2005 году до 22,6 млн. т в 2030 году.

Без учета экспортных потребностей, к 2006 году районы Дальнего Востока могут обеспечиваться собственными углями. С экономической точки зрения и по технологическим причинам, тем не менее, может оказаться более эффективным завоз дешевых азейских и читинских углей и продажа нерюнгринских, эльгинских и сахалинских углей на экспорт.

Таблица 11

**Баланс углей по Дальневосточному федеральному округу, млн.т**

Показатель	год			
	2010	2015	2020	2030
Добыча	41,6	70,9	82,4	83,8
Ввоз	3	1,3	0,9	0,9
Ресурсы к распределению	44,6	72,2	83,3	84,7
В том числе:				
<i>Потребление</i>	32,1	43,7	44,8	48,0
<i>Вывоз</i>	11,8	26,5	32,5	25
в том числе				
экспорт	10,7	22,9	27	22,6
<i>Потери при переработке</i>	0,7	2,0	6,0	11,7

Выполненные исследования по развитию угольной промышленности на востоке страны показали, что уголь, как в настоящем, так и в будущем будет оставаться основным ресурсом, обеспечивающим поддержание энергообеспечения районов и поставки на экспорт.

#### Литература

1. Регионы России. Статистический сборник. Официальное издание. Т.2. М: Госкомстат России, 2003. 895 с.
2. Статистические формы 11-ТЭР, 4-СН, 6-ТП Госкомстата России.
3. Угольная база России. Том III, IV, V (Книги 1 и 2). Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири и Дальнего Востока России. М.: ООО «Геоинформцентр», 2002, 2001, 1997, 1999. 448 с., 493 с., 371 с., 638 с.
4. Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Агафонов Г.В. и др. Методы и модели разработки региональных энергетических программ. Новосибирск: Наука, 2003. 140 с.
5. Агафонов Г.В., Соколов А.Д., Такайшвили Л.Н. Модели и методы прогнозирования развития угольной промышленности // Системные исследования систем энергетики / Под ред. Н.И. Воропая. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. С. 449-452.

### РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Корякин А.К., к.т.н.,  
первый заместитель Министра ЖКХ и энергетики РС (Я),  
г. Якутск, dep\_energy\_sakha@mail.ru

Основной предпосылкой для развития электроэнергетики Якутии является намечаемая реализация большого числа новых инвестиционных проектов, наиболее крупные из которых:

- строительство нефтепроводной системы ВСТО;
- освоение Талаканского и Чадинского нефтегазовых месторождений;
- завершение строительства железной дороги Беркакит – Томмот – Якутск;
- освоение золоторудных месторождений Нежданинского, Куранахского, Нижнеякокитского;
- строительство Эльгинского промышленного комплекса по добыче и переработке каменного угля;
- освоение железорудных месторождений на Юге Якутии.

Прогноз потребления электрической энергии и мощности до 2030 года, сформированный комплексной Рабочей группой по вопросам перспективного развития электроэнергетического комплекса Республики Саха (Якутия), синхронизированный со Схемой развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года, включает в себя *инерционный* и *максимальный* сценарии. Различия между сценариями определяются вероятностью реализации новых инвестиционных проектов.

В соответствии с инерционным сценарием потребление электрической энергии в Республике Саха (Якутия) вырастет в 1,5 раза с 6,2 млрд. кВтч в 2005 году до 9,3 млрд. кВтч в 2030 году, потребление электрической мощности – в 1,5 раза с 1,2 тыс. МВт в 2005 году до 1,8 тыс. МВт в 2030 году.

В соответствии с максимальным сценарием потребление электрической энергии вырастет в 4,9 раза с 6,2 млрд. кВтч в 2005 году до 29,9 млрд. кВтч в 2030 году, потребление электрической мощности – в 4,5 раза с 1,2 тыс. МВт в 2005 году до 5,4 тыс. МВт в 2030 году.

В случае недостаточного развития энергетической инфраструктуры наиболее вероятна реализация инерционного сценария. Опережающее развитие энергетической инфраструктуры, создание эффективной и надежной энергосистемы Республики Саха (Якутия) приведет к реализации большинства существующих инвестиционных проектов и появлению новых возможностей, наиболее вероятен максимальный сценарий прогноза потребления электрической энергии и мощности.

В настоящее время Якутская энергосистема представляет из себя три изолированных энергорайона: Западный, Центральный и Южный с централизованным электроснабжением потребителей. Южный энергорайон имеет связь с Амурской энергосистемой. Также, имеются районы децентрализованного электроснабжения от дизельных станций, объединенные в Северный энергорайон.

Основными энергоисточниками являются

- в Западном энергорайоне - Вилюйские ГЭС -1,2 с установленной мощностью 680 МВт, Светлинская ГЭС с двумя установленными блоками по 90 МВт, в ближайшее время планируется установка третьего блока. А также Мирнинская ГРЭС с установленной мощностью 120 МВт.

- в Центральном энергорайоне – Якутская ГРЭС с установленной мощностью 320 МВт и Якутская ТЭЦ с установленной мощностью 12 МВт.

- в Южно-Якутском энергорайоне – Нерюнгринская ГРЭС с установленной мощностью 570 МВт и Чульманская ТЭЦ с установленной мощностью 48 МВт.

При существующем состоянии энергоисточников и развитии инвестиционных проектов уже к 2015 г. все энергорайоны Якутии становятся дефицитными. Балансы ОЭС Сибири и ОЭС Востока при существующем состоянии энергоисточников в 2030 г. также будут дефицитными.

«Стратегия развития единой энергетической системы Республики Саха (Якутия) до 2030 года» (разработанная и утвержденная РАО «ЕЭС России» при участии Правительства РС (Я)) предусматривает развитие генерации Республики Саха (Якутия) в соответствии со следующими принципами:

- Развитие мощности генерации темпами, опережающими рост потребления;
- Использование существующего гидропотенциала рек Южной Якутии;
- Технический уровень, надежность, экология на уровне мировых стандартов и создание сетевой инфраструктуры, обеспечивающей:

- выдачу мощности крупных электростанций, в том числе входящих в состав ЮЯГЭК;

- объединение Центрального, Южного и Западного энергорайонов между собой и выход на ОЭС Сибири и ОЭС Востока;

- сокращение зоны децентрализованного энергоснабжения путем замещения дизельных электростанций линиями электропередач от Якутской энергосистемы;

- ликвидация узких мест в существующей сетевой инфраструктуре.

Крупнейшими проектами развития **генерации** являются:

- строительство трех блоков по 215 МВт на Нерюнгринской ГРЭС до 2015 года;

- строительство ЯГРЭС-2 общей установленной мощностью 240 МВт в 2010-2015 годах;

- строительство гидроэлектростанций Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса (ЮЯГЭК) общей мощностью более 8000 МВт до 2030 года.

В развитии **электросетевой** инфраструктуры 220 кВ и выше приоритетными направлениями являются:

- выдача мощности крупных электростанций, в том числе входящих в состав ЮЯГЭК;



- объединение Центрального, Южного и Западного энергорайонов между собой и выход на ОЭС Сибири и ОЭС Востока;

- сокращение зоны децентрализованного энергоснабжения путем замещения дизельных электростанций линиями электропередач от Якутской энергосистемы;

- ликвидация узких мест в существующей сетевой инфраструктуре.

**На первом этапе - до 2015 года** предполагается сооружение:

- ВЛ- 500 кВ Канкунская ГЭС-Нижний Куранах (Алдан) – 125 км – выдача мощности Канкунской ГЭС;

- ВЛ- 500 кВ Канкунская ГЭС-Нерюнгринская ГРЭС – 240 км – выдача мощности Канкунской ГЭС;

- ВЛ-220 кВ Томмот-Якутск (двухцепная) – 388 км - обеспечение связи между Центральным и Южным энергорайонами, электроснабжение в зоне железной дороги Томмот-Якутск;

- ВЛ-220 кВ Нерюнгри-Алдан-Томмот (вторая цепь) – 282 км – для обеспечения освоения железорудных, золоторудных и урановых месторождений в Южной Якутии;

- ВЛ-500 кВ Нерюнгринская ГРЭС-Алдан – 275 км – увеличение пропускной способности;

- ВЛ-220 кВ Якутск-Хандыга-Развилка – 600 км – обеспечение Нежданинского золоторудного месторождения;

- ВЛ-220 кВ Мирный-Сунтар-Нюрба-Вилуйск – 600 км – обеспечение перехода на электроотопление, улучшение качества и надежности электроснабжения сельских потребителей;

- ВЛ-220 кВ Сунтар-Олемкинский – 275 км – перевод на централизованное электроснабжение потребителей Олекминского района.

**Второй этап 2016-2020 гг.** включает в себя сооружение:

- ВЛ-500 кВ Канкунская ГЭС-Нижний Куранах (вторая цепь) – 125 км – выдача мощности Канкунской ГЭС;

- ВЛ-500 кВ Нерюнгринская ГРЭС-Алдан (вторая цепь)– 275 км;

- ВЛ-500 кВ Нижне-Тимптонская ГЭС – Нижний Куранах (двухцепная) – 100 км – выдача мощности Нижне-Тимптонской ГЭС;

- создание сети постоянного тока по направлениям:

- *Учурская ГЭС- Нерюнгри – Олекминская ГЭС – Ленск – Киренга – 1280 км – для транспорта э/э ЮЯГЭК в ОЭС Сибири;*

- *Нерюнгри-Китай и Олекминская ГЭС – Китай - для экспортных поставок э/э;*

- ВЛ-500 кВ Средне-Учурская ГЭС – Учурская ГЭС (двухцепная)– для выдачи мощности Средне-Учурской ГЭС;

- ВЛ-500 кВ Олекминская ГЭС – Верхне-Алданская ГЭС (двухцепная) - 158 км, для выдачи мощности Олекминской и Верхне-Алданской ГЭС;

- ВЛ-220 кВ Олекминская ГЭС – Хани (двухцепная) – 160 км – для выдачи мощности Олекминской ГЭС;

- ВЛ-220 кВ Олекминск – Нижне-Олекминская ГЭС (двухцепная) – 190 км, для выдачи мощности Нижне-Олекминской ГЭС;

- ВЛ-220 кВ Талакан-Ленск-Мирный (двухцепная) – 274 км – для электроснабжения нефтепроводной системы ВСТО, нефтегазовых месторождений и выдачи мощности Талаканской ГЭС;

- ВЛ-500 кВ Нерюнгринская ГРЭС – Тында-Сковородино – 337 км - для усиления связи энергосистемы Якутии и ОЭС Востока;

- ВЛ-500 кВ Сковородино-Зейская ГЭС – 220 км – усиление связи с энергосистемой ОЭС Востока.

На третьем этапе 2021-2030 гг. намечается:

- ВЛ-500 кВ Якутск-Алдан (двухцепная) – 420 км для обеспечения нагрузок и покрытия дефицита мощности в Центральном энергорайоне;

- ВЛ-500 кВ Сковородино-Зейская ГЭС (вторая цепь) – 220 км для усиления связи энергосистемы Якутии с ОЭС Востока.

Реализация намеченной программы развития энергосистемы Якутии потребует строительства более 8 тыс.км (по трассе) линий электропередач постоянного и переменного тока 220 кВ и выше, а также 14 подстанций 220 кВ и выше переменного тока и 4 подстанции постоянного тока.

Общая потребность в инвестициях составляет 671 млрд.руб. до 2030 года, в т.ч.:

- ЮЯГЭК – 387 млрд.руб.

- ТЭС – 30 млрд.руб.

- магистральные сети – 223 млрд.руб., в т.ч. 114 млрд.руб. – линии и подстанции постоянного тока

- распределительные сети – 31 млрд.руб.

**Проект Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса (ЮЯГЭК)** включает в себя строительство 7 гидростанций мощностью более 8000 МВт и среднегодовой выработкой около 40 млрд. кВт-ч.

Постановлениями Правительства Республики Саха (Якутия) одобрены Декларации ОАО «ГидроОГК» о намерениях строительства и согласовано проведение проектно-изыскательских работ:

- Каскада ГЭС на р.Тимптон (правый приток р.Алдан) - Канкунская и Нижне-Тимптонская ГЭС общей установленной мощностью 2100 МВт;

- Верхне-Алданской ГЭС на р. Алдан мощность до 1250 МВт;

- Каскада ГЭС на р.Учур (правый приток р.Алдан) - Средне-Учурская и Учурская ГЭС общей установленной мощностью 3695 МВт;

- Каскад ГЭС на р.Олекма (правый приток р.Лена) – Нижне-Олекминской и Олекминской ГЭС мощностью до 2230 МВт.

#### Характеристика гидростанций ЮЯГЭК

Наименование ГЭС	Название реки	Уст. мощность, МВт	Средне-многолетняя выработка, млн. кВт*ч
Канкунская ГЭС	Тимптон	1300-1600	5700-7500
Нижне-Тимптонская ГЭС	Тимптон	800-1200	3600-5300
Верхне-Алданская ГЭС	Алдан	1000-1250	4500-5400
Олекминская ГЭС	Олекма	2000	7600
Нижне-Олекминская ГЭС	Олекма	230	1000
Средне-Учурская ГЭС	Учур	365	2200
Учурская ГЭС	Учур	3330	15000

Особенностью проекта создания ЮЯГЭК является его многостадийность, позволяющая поэтапно наращивать установленную электрическую мощность с учетом:

- роста внутреннего энергопотребления Республики Саха (Якутия) и Южной Якутии, в частности, вследствие реализации проектов разработки месторождений полезных ископаемых и строительства энергоемких производств,

- необходимости покрытия графика нагрузок ОЭС Востока (в случае объединения энергосистем и ОЭС Сибири) и обеспечения системной надежности (продажа системных услуг),

- организации продажи мощности и электроэнергии на экспорт, прежде всего в Китай.

Для управления проектом создано ОАО «Южно-Якутский гидроэнергетический комплекс», зарегистрированное в г. Алдане (является дочерним зависимым обществом ОАО «ГидроОГК»).

В настоящее время начаты проектно-изыскательские работы по проекту строительства Канкунской ГЭС, являющегося ключевым в инвестиционном проекте «Комплексное развитие Южной Якутии», финансирование которого предполагается из Инвестиционного фонда Российской Федерации.

В соответствии с «Декларацией о намерениях строительства каскада ГЭС на реке Тимптон» ОАО «ГидроОГК» (ОАО «Южно-Якутский гидроэнергетический комплекс») рассматривает два варианта каскада ГЭС. Каскад, состоящий из Нижне-Тимптонской и Канкунской ГЭС, обеспечивает максимальное использование гидроэнергетического потенциала реки Тимптон. На предпроектном этапе установленная мощность Канкунской ГЭС рассматривается до 1600 МВт, среднесуточная выработка электроэнергии – до 7,5 млрд. кВт-ч. Для Нижне-Тимптонской ГЭС установленная мощность рассматривается до 1200 МВт, среднесуточная выработка электроэнергии – 5,3 млрд. кВт-ч. Водохранилище займет территорию в 450 кв. км и будет иметь объем в 23,5 куб. км.

Зона водохранилищ рассматриваемых гидроузлов расположена в Алданском и частично Нерюгринском районах Южной Якутии. Все водохранилища размещаются в узких речных долинах каньонного типа. По предварительным оценкам, соотношение площади водохранилищ на единицу установленной мощности будет в 45 раз меньше, чем у типовой ГЭС такой же мощности. Район строительства гидроузлов находится в необжитом, труднодоступном районе, комплекс мероприятий по организации водохранилищ не предусматривает каких-либо масштабных мероприятий по переселению населения, транспортному освоению водохранилищ, переустройству линейных сооружений и т.п.

Текущие темпы роста энергопотребления в Южной Якутии, в также объемы перспективного энергопотребления новых промышленных предприятий, строительство которых предполагается в рамках реализации инвестиционного проекта «Комплексное развитие Южной Якутии», позволяют говорить о целесообразности строительства на первом этапе одной гидроэлектростанции, а именно «пилотной» Канкунской ГЭС.

Срок строительства Канкунской ГЭС с НПУ 637 м, створ которой расположен в 214 км от устья реки Тимптон, оценивается в 9 лет (2011-2019 гг.). Кроме того, подготовительный период (2008-2010 гг.) необходим для разработки проектно-сметной документации, строительства производственно-перевалочной базы и жилого поселка в пос. Большой Нимыр, подъездной автодороги до створа ГЭС, производственной базы и жилого поселка на створе ГЭС.

Запуск первых агрегатов предполагается на 5-й год строительства (2015 г.).

## МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Ковалев Л.Н., Иванов Г.С., Калашников В.В.,  
Государственный комитет РС (Я) по геологии и недропользованию, г. Якутск

В декабре 2006 года пленарным заседанием Государственного Собрания (Ил Тумэн) Республики Саха (Якутия) был принят закон о «Государственной целевой программой геологоразведочных работ на территории Республики Саха (Якутия) на период 2007-2011 годов и до 2020 года».

Программа направлена на реализацию решений по развитию производительных сил республики, транспортной сети (строительства железной дороги Беркакит-Томмот-Якутск и, в перспективе, до г. Магадана, трубопроводной системы Восточная Сибирь-Тихий Океан, гидроэнергетической системы в Южной Якутии).

Программа предусматривает финансирование геологоразведочных работ за счет федерального бюджета, республиканского бюджета, средств недропользователей. В 2002-2006 годах объем финансирования составил в целом 17,6 млрд. рублей, в том числе федеральный бюджет – 2,0 млрд. рублей, республиканский бюджет – 2,2 млрд. рублей, собственные средства недропользователей – 13,4 млрд. рублей.

Программа геологоразведочных работ на период 2007-2011 годы и до 2020 года направлена на решение следующих основных геологических задач: Изучение региональных особенностей геологического строения территории РС (Я) для использования результатов в различных сферах экономик, поиски новых месторождений полезных ископаемых, оценка выявленных месторождений и передача их в пользование, разведка месторождений полезных ископаемых за счет средств недропользователей, обеспечивающая воспроизводство промышленных категорий запасов погашаемой минерально-сырьевой базы и подготовку к промышленному освоению месторождений новых видов минерального сырья.

Программой предусмотрено:

1. Мобилизация средств за счет всех источников финансирования в сумме 187 млрд. рублей, в том числе 33,3 млрд. рублей из федерального бюджета, 2,5 млрд. рублей из республиканского бюджета, 151,2 млрд. руб. за счет средств недропользователей, из них в 2007-2011 годах – 47,1 млрд. рублей.

2. Обеспечение прироста запасов и прогнозных ресурсов основных видов полезных ископаемых, обеспечивающих воспроизводство погашаемых запасов и рост сырьевой базы в 2007-2020 гг.

3. Выполнение планов региональных, гидрогеологических, прогнозно-поисковых, поисковых работ на севере Якутской алмазоносной провинции, в районах Восточной и Южной Якутии, в зоне строительства железной дороги Беркакит-Томмот-Якутск и в перспективе до Магадана, в зоне трассы нефтепровода и опорной сети автодорог и др.

4. Разработка и реализация программы лицензирования недропользования на 2007-2011 гг. и до 2020 г. Прогнозируются поступления в бюджетную систему разовых платежей в сумме около 10 млрд. рублей.

За 2007-2011 годы ожидается в среднем прирост стоимости увеличения запасов в недрах в количестве 265 рублей на 1 рубль затрат на геологоразведочные работы.

Проблемы, которые требуют своего разрешения:

1. Созданный в доперестроечный период фонд перспективных объектов и площадей в настоящее время в значительной мере исчерпан, что требует увеличения объемов региональных, прогнозно-поисковых и поисковых работ. Основными районами постановки этих работ должны территории Южной, Восточной и Западной Якутии.

2. Для обеспечения строящейся трубопроводной системы Восточная Сибирь–Тихий океан необходимо в несколько раз увеличить объемы геологоразведочных работ на нефть и газ в юго-западной Якутии и сопредельных территориях, в первую очередь за счет средств недропользователей.

3. Необходимо сохранение объемов геологоразведочных работ за счет средств республиканского бюджета в 2007г и последующих годах в размерах предусмотренных законом Республики Саха (Якутия).

4. Нестабильность федерального законодательства о недрах, многократные реорганизации органов управления и производственных организаций геологической отрасли при постоянном недостаточном финансировании привели к снижению работоспособности сохранившихся геологических предприятий, износу производственных фондов, оборудования и сложностям по укомплектованию кадрами. Необходимо принятие решений на уровне Российской Федерации и Республики Саха (Якутия), обеспечивающих полноценную работу геологических организаций, выполняющих задачи по изучению и наращиванию минерально-сырьевого потенциала России, в том числе и Республики Саха (Якутия).

5. В связи с несовершенством федерального законодательства о недрах в части устранения органов власти субъектов РФ от участия в реальном регулировании недропользования на их территории, за исключением ОПИ, необходимо внести изменения в законодательство с наделением органов власти субъектов РФ полномочиями в этой сфере по мелким и средним по размерам объектам.

### **INFORMATION SHARING ENVIRONMENT TO MITIGATE DISASTER AND EMERGENCY RISKS IN NEW DEVELOPING REGIONS**

Gursky E., ScD, Fellow, ANSER/Analytic Services, Inc., Arlington, VA, USA,

*Elin.Gursky@anser.org*

Laporte R.E., PhD, Prof. Department of Epidemiology, Graduate School of Public Health,

University of Pittsburgh, PA,USA, *super1+@pitt.edu*

Linkov F., PhD, Department of Epidemiology, Graduate School of Public Health, University of

Pittsburgh, PA,USA, *faina.linkov@gmail.com*

Rossodivita A., MD, Department of Cardiothoracic and Vascular Diseases, University of Medicine

“Life and Health”, Milan, Italy, *a\_rossodivita@yahoo.it*

Shubnikov E., MD, FSU Internet Prevention Group, Novosibirsk, RF, *eshubn@mail.ru*

Trufanov A., PhD, Irkutsk State Technical University, Irkutsk, RF, *troufan@istu.edu*

#### **Introduction**

Experts note that public health and environment protection systems in many developed countries are poorly prepared for the majority of natural, anthropogenous and technogenous disasters [1-2]. While developing new industrial regions decision-makers should perceive that information support is a crucial factor to solve the problem of emergency prevention and recovery. As a whole, Information Sharing issue in counteracting diverse threats might be designated as an essentially multidimensional and multiscope one. There is a continuing and heightened need for better and more effective and comprehensive information sharing. Concerning the US, in November, 2006 The Director of National Intelligence, John D. Negroponte, submitted to the U.S. Congress the Information Sharing Environment (ISE) Implementation Plan Report [3]. According to this document ISE is an approach that facilitates the sharing of terrorist-related information

among local, state, federal, tribal, and private sector entities, as well as US foreign partners. The Implementation Plan Report includes a description of ISE functions, capabilities, resources, and conceptual design; a plan for the ISE's design, testing, integration, deployment, and operation; and, a process for measuring progress made towards ISE implementation, as well as its performance once established." At intelligence society the terms "information sharing environment" or "ISE" mean an approach that facilitates the sharing of terrorism information, which approach may include any methods determined necessary and appropriate for counteracting terrorism. Effective Information Sharing Environment is a key factor for successful accomplishment of sensitive missions accompanied with severe risk of casualties in such situations as battles, disasters and emergencies. To our opinion ISE techniques that are valid to Intelligence Society is of great value for a new developing region but might not be applicable to those automatically. Thus the problem of ISE establishment consists not only of communicating agencies or experts in a concrete public health or environment discipline: chemistry, biology, epidemiology or radiology. Actually ISE is more complex entity than simple Information Sharing practice. We'd like to emphasize that genuine information sharing environment implies not merely safe delivering of data along sender- recipient channel but creation of infrastructure of robust mechanism which produces ( collect ) valuable knowledge ( data, models, means ) and reproduce that to the form that is clear and practicable to target actor. So it is a conscious process!

In a present work we propose to analyze ISE of a new developing region as a multidimensional problem. **The space of ISE dimensions comprises: Actors, Disciplines, Processes, Means, Time, and Resources.**

#### **Information Sharing Actors (ISAs)**

ISAs- the actors that are involved into the process of data and record exchange are diverse: governments and official representatives of civil and military administrations, government, commercial and noncommercial organizations, experts in various fields of activity, different categories of the population representing numerous countries and regions. Initially all the actors have the own purposes, interests and tasks. However, a comprehension of common danger welds the actors, stimulates the joint organized opposition to threats. Utilization of standard, out-of-date approaches, forms, methods and technologies of information processes, is not capable to provide necessary information support to collective disaster prevention and emergency recovery in modern conditions. Prior to building Information Security Environment we propose to design information sharing policy as the first, major and necessary step while developing highly effective ISE focused on public health and environment that counteracts to diverse threats in developing regions.

#### **Information Sharing Policy**

The Information Sharing Policy (ISP) formulates, what «Information Sharing» is, what is its value for the actors; designates the basic means and requirements; defines quantitative criteria and indicators.

While defining «Information Sharing » concept it is of some sense to propose the following wide interpretation «complex information process in which one actors provide producing (collecting) and delivery of the claimed information to other actors - consumers in the contents, volume, form, methods and means, that minimizes collective damage of all actors- consumers in counteracting to public health and environment threats».

#### **Goals and Tasks of Information Sharing**

The specific tasks that are solved by Information Sharing in developing regions might be:

- making acquaintance of allies, colleagues, fellow citizens, the population of a region with necessary data to increase preparedness to public health and environment threats;

- training of politicians, CEOs, experts to counteract threats in successful and effective manner;
- distribution of data among CEOs and experts, colleagues within corporation or office;
- deterrence of terrorists and criminal elements, including looters with the purpose of prevention of threats;
- formal information exchange which is carried out only for official reporting;
- manipulation (suggestion) to regional public consciousness.

While Information Sharing conducting it is important to define whom information (data, knowledge, model, practical rules) is targeted on and in what form it should be submitted to the target.

Estimating categories of ISAs, we shall notice, that US Food and Drug Administration [4], for example, allocates such groups of addressees of the information, as: Consumers, Patients, Health Professionals, Health Educators, State/Local Officials, Industry, Press, Women, FDA Alumni, Español, Seniors, Teens, Kids.

The importance of Information Sharing in Emergency Management establishes also requirements of special responsibility for all the actors as weakness or breakage of any link leads to significant or irreparable damage. Special attention should be focused on content and quality of information, standards of structure and formats of its presentations aimed to Knowledge Consumption rather than Data Exchange.

#### **Philosophy of Information Sharing Policy Construction**

It is obvious, that all possible experiences which the mankind has should be used in counteraction to public health and environment threats. A danger of threats - natural, anthropogenous and technogenous consists in their unexpectedness and sufficiently small probability of event on one side, and also in mass targeting and significance of caused damage –on the other side. Stochastic description of such a processes corresponds to Poisson distribution as the probability of threat for an infinitesimal interval of time  $\sim \lambda dt$  and probability  $P(t)$  that event will not take place in time  $t$  can be presented by exponent  $P(t) = e^{-\lambda t}$  where  $\lambda$  – is some constant describing average time of emergency approach. When  $\lambda * T \ll 1$  (here  $T$  is average life expectancy) and realization of threat during life is improbable:

$P(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda T} \sim 0$ , an actor has temptation to forget or to not consider threats hopefully those will be never realized. Two extreme conduction policies of social actors might be therefore looked through:

1) trivially to postpone a problem of counteraction to threats and to hope, that those will never touch the given concrete actor

2) ***To use cooperative approaches*** and to protect themselves as a whole society.

With the purpose of effective counteraction to public health and environment threats it is reasonable, possible and necessary to oppose small emergency probability for separate group of actors to high degree of cooperation: ***international and interdisciplinary***.

Also we should emphasize that this simple description assesses time as an extremely sensitive factor. Practically five broad periods and corresponding strategies are adopted by FDA, USA for emergency and disaster counteraction: Awareness, Prevention, Preparedness, Response, Recovery.

The latest years ***international cooperation*** to support public health and environment issues has been considerably promoted. But as far as practical plane is concerned, it is possible to discuss and it is necessary to act to move cooperation from declarative representation, elite, visiting,

nomenclature, advertising and single through an educational component to conditions of daily work of representatives of various levels and diverse societies.

### **Basic Tools**

**Interdisciplinarity** of the problem elicits a sharp necessity of qualified use of a complex of accessible means: moral, ethics, legislation, management, technique (information and communication), mathematics, administration, economics, linguistics, psychology, pedagogics, law enforcement. Considering a variety of ISA categories, it is meaningful to accompany «Information Sharing» concept with a glossary of definitions and terms, and also with dictionaries for translation.

The importance of information components and Information Sharing is reflected in modern legal base of leading countries [5, 6-8].

Information Sharing Policy should be founded on the *pertinent codes of practice* in public health and environment prevention and recovery. These rules are reasonable to develop as organizational documents: as international and national standards, and as corporate statutes. As the best example of such a work we should mention ISO/IEC 17799 (27000), the international standard of information security management [9]. On government level there are 11 Information Sharing and Analysis Centers (ISAC) currently operating in the US. ISAC's exist for the following sectors: communications, electricity, emergency management and response, financial services, highway, information technology, multi-state, public transit, surface transportation, supply chain, and water [10].

**Economic models** (for example, [11]) and cost estimations are universal tools, which put necessary accents within the problem.

It is impossible to overestimate the role of **computer simulation of Information Sharing**. Except economic models, there are some other effective tools to research ISA behavior. First, the analysis of small world and scale-free networks, has shown its practicability on a model of infection outbreak in city environment [12]. Second- agent models similar to [13] are useful to explore a strategy of cooperative information processes. In our elementary Information Sharing model we consider the following processes: independent development of knowledge, exchange of independently received data, information aging:

$$\frac{dr_i}{dt} = \alpha_{ip} W_{ip} (1 - a) - \alpha_{ia} r_i + \kappa E_{i\Sigma};$$

$$E_{i\Sigma} = \sum \alpha_{ip} W_{ip} a \sigma_{il}$$

where  $r_i$ -information resources of the actor ;  $t$  - time;

$W_{ip}$ - investments to development of knowledge;  $\alpha_{ip}$  - the parameter which determines efficiency of the given investments;  $\alpha_{ia}$  – knowledge aging factor;  $E_{i\Sigma}$  - volume of information sharing;  $a$  - the factor which determines actor expenses on preparation of the information to Information Sharing;  $\kappa$  - a share of data used by the actor  $I$  from common storage;  $\sigma_{il}$  – affinity parameter of participants  $i$  and  $l$ .

Even this primitive model shows a practicality of sharing of knowledge, including public health and environment case. Thus ***we assess the category of time as a crucial parameter which should be taken into account within ISE.***

Preventive measures that set feeling of security in Information Sharing, creating real safety of IS in conditions of extreme situations, have to be supported by a system of **psychological actions**. Really, experts shows on a information - psychological aspect connected to formation of mass consciousness of the population as a special component in psychological security system [14].



*Awareness and educational activity, retraining, training, boot-camps, seminars, conferences* on Information Sharing in emergencies should be among ISE priorities [15].

### **Criteria and indicators of Information Sharing effectiveness and efficiency**

Concerning narrow professional area, language of dialogue and mutual understanding are established simultaneously with growing the field of knowledge. Language of interaction is especially important for interdisciplinary Information Sharing, such language can be only that of digits. Final (and the most complicated) stage of ISE development, is in choice of criteria and indicators which measure effectiveness and efficiency of sharing. There are two possible decisions: to measure values of indicators, or to determine compliance with necessary requirements of certain standards and rules.

### **Practical examples and Conclusion**

One can see from practice, that, as a rule, Information Sharing comprises no more, but or 2-3 disciplines at one administrative level, or in one discipline between different levels of management. The balance of all considered tools is hardly observed. Actors and processes of Information Sharing in public health and environment are extremely sensitive to a various types to information threats. We have developed approach based on secure information sharing and applied that for such systems as:

- global information space [16];
- region - as territory with the common interests and common threats [17];
- simulation of radiating physics phenomena [18];
- automated system of government town-planning cadastre and monitoring of objects of town-planning activity [19];
- SUPERCOURSE - the international Internet - project in epidemiology[20];
- Italian Disaster Data Base (IDDB) [21] – a collection of information shared by government institutions, professionals from different fields, NGOs and volunteers.

The Supercourse and IDDB experience could potentially serve as a model for ISE construction.

We believe the given approach as the component of Information Sharing Environment will show the practicability for new developing regions.

### REFERENCIES

1. [http://www.fda.gov/fdac/features/2003/103\\_virus.html](http://www.fda.gov/fdac/features/2003/103_virus.html)
2. Gursky E. Progress and peril: bioterrorism preparedness dollars and public health. New York, N.Y.: Century Foundation, 2003.
3. Information Sharing Environment Implementation Plan. Nov., 2006, Office of the Director of National Intelligence, Washington, D.C.20511.
4. <http://www.fda.gov/>
5. National Information Infrastructure Protection Act, 1996 18 USC 1030, <http://www4.law.cornell.edu/uscode/18/1030.htm>
6. Chemical Safety Information, Site Security, and Fuels Regulatory Relief Act 42 USC 7412(r), PL 106-40, <http://www.dotcr.ost.dot.gov/documents/ycr/PL106-40.pdf>
7. Executive Order 13356 of August 27, 2004. Strengthening the Sharing of Terrorism Information to Protect Americans.
8. Law on Copyright and Related Rights (No. 5351-I of July 9, 1993 as amended July 20, 2004) [http://www.fips.ru/ruptoen2/law/low\\_cop.htm](http://www.fips.ru/ruptoen2/law/low_cop.htm)
9. Information technology — Code of practice for information security management International Standard ISO/IEC 17799 First Edition 2000-12-01. 136 p.
10. <http://www.rissinfo.com/>

11. <http://www.isaccouncil.org/about/>
12. [http://www.bio.su/press\\_2005jul\\_004r.htm](http://www.bio.su/press_2005jul_004r.htm)
13. Chen Y., Prietula M., To Deceive or not to Deceive? Mimicry, Deception & Regimes in Tag-Based Models. Paper presented at the Intra-Organizational Networks (ION) Conference, Emory University, October 2005.
14. <http://www.cs.berkeley.edu/~daw/teaching/cs261-f07/slides-aug30.pdf>
15. Emergency Management Certificate. George Brown's School of Emergency Management. <http://www.coned.georgebrown.ca/section/emrg.html>.
16. Troufanov A. Security of Regional actors within of Global Information Processes. 4th Russian Conf. "Information Security of Russia in Conditions of Global Information Society. June 24, 2002, <http://www.infoforum.ru/detail.php?pagedetail=445>, (in Russian).
17. Koptilov S., Troufanov A. "Entity "Region" in the Problem of Information Security". Proc. III Interregional Conference on Information Security Problems of Society and Individuals. Tomsk. 2001. Pp.131-135, (in Russian).
18. Troufanov A.I., Bondarenko G.G. Monte Carlo for Radiation Physics and Particle Transport Simulation in Russia: Issues Other Than Physics. (amc136). <http://itn1.itn.pt/Meetings/MC2000/HAD-sessions.htm>
19. Gluhov O., Protasova E., Troufanov A. Development Strategy and Realization Policy of the Town-Planning Cadastre of Irkutsk Region. Civilization Challenges, Issue 3.V.2. Irkutsk, 2002. Pp.77-85, (in Russian).
20. Laporte R. and others. The Supercourse. <http://www.pitt.edu/~super1/>
21. A.Rossodivita. A Disaster Data Base: A new Experimental Model. Nato Supercourse. – Scientific Networking and the Global health Supercourse for the prevention of threat from man made and natural Disasters . Scientific Networking and Global Health Supercourse. Pp. 61-71.IOS press, 2006.

## **Секция 1. Проблемы и перспективы освоения месторождений полезных ископаемых Якутии**

УДК 629.3.083

### **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФОНДЫ АВТОБАЗЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АВТОТРАНСПОРТА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Аубакиров Ж.Ж., филиал ОАО ХК «Якутуголь» АТА, г. Нерюнгри

В структуре холдинговой компании «Якутуголь» филиал Автобаза Технологического Автотранспорта является одним из крупнейших автотранспортных предприятий, не имеющих по своему составу аналогов в республике. Предприятие насчитывает более 538 единиц специализированного, технологического, грузового и пассажирского транспорта, а также другие виды специализированной и вспомогательной техники. В своем составе оно способно решать многие производственные задачи.

Основными задачами предприятия являются обеспечение технологических перевозок вскрышных пород, угольной продукции, обеспечение технологического процесса функционирования разреза «Нерюнгринский», обслуживание всех филиалов-предприятий ОАО ХК «Якутуголь» в части грузовых и пассажирских перевозок, и других производственных процессов.

Рост производства на внешнем и внутреннем рынке требует дополнительных объемов добычи угольной продукции. С 2001 года холдинговой компанией установлен курс на наращивания объемов добычи угля необходимого качества. Выполнение поставленной задачи было бы не возможным без реализации новых инвестиционных проектов, четко сформулированной технической политике руководства холдинговой компании, что позволило провести техническое перевооружение предприятия путем обновления парка большегрузных самосвалов. В период с 2002 года по настоящее время компанией было приобретено 42 ед. карьерных самосвалов грузоподъемностью 130-220 тонн:

- Карьерный самосвал г/п 130 тн. «БелАЗ-75131» - 4 ед.
- Карьерный самосвал г/п 200 тн. «БелАЗ-75304» - 1 ед.
- Карьерный самосвал г/п 220 тн. «БелАЗ-75306» - 31 ед.
- Карьерный самосвал г/п 220 тн. «Komatsu-830E AFE 50-17» - 6 ед.

Техническое перевооружение производственных фондов АТА позволило увеличить объемы перевозок вскрыши на 67 % и добычи на 26% по сравнению с 2001 годом. При этом одновременно происходило и увеличение среднего плеча транспортирования вскрыши: с 3,16 км в 2001 году до 3,31 км в 2006 года. Важнейшим направлением на пути повышения эффективности использования автосамосвалов является повышение коэффициента технической готовности парка.

В связи с этим технической службой предприятия предпринимается ряд организационно-технических мер - в первую очередь жесткое выполнение план графика технического обслуживания автосамосвалов, что обеспечивает исправность и более высокие показатели межремонтных пробегов, уменьшение трудоемкости текущих ремонтов и, следовательно, снижение времени простоев в ремонте.

Аналитические подходы к качеству производства ремонтных работ и обслуживания позволяют своевременно определить и другие аспекты повышения качества:

- так в настоящее время в производство внедрен стенд для обкатки дизелей 9-2Д49 (после проведения ТР-3) собственного производства. Данное внедрение стенда позволяет избежать затрат на устранение неисправностей в период эксплуатации;
- для увеличения ресурса тяговых электродвигателей марки ДК-722 к/с «БелАЗ – 7515/145/131» разработан и изготовлен собственными силами испытательный стенд для обкатки ТЭД после ремонта;
- на 8-и (восьми) а/самосвалах «Холпак-Д830Е» произведена замена силового модуля ДВС MTU 16V396 на более современный и надежный в работе ДВС марки MTU/DDC 16V4000, без применения дорогостоящего импортного оборудования;
- внедрён стенд для тестирования режимов логических операций командного блока управления на а/самосвалах «БелАЗ-75306», «БелАЗ-75131». Внедрение данного стенда позволило снизить затраты на дизельное топливо на 500 тыс. рублей в квартал;
- освоен капитальный ремонт платформ для а/самосвала НД-1200 и восстановление отверстий поворотных плит на а/самосвалах «Холпак-Д830Е». Данный вид работ осуществлён при помощи современной переносной наплавочно-расточной установки WS-3, полученной и введенной в эксплуатацию с 2005 года;
- произведена модернизация 12 (двенадцати) единиц автозаправщиков - с установкой на данные автомобили бортовой системы контроля расхода топлива;
- оборудовано 6 (шесть) единиц большегрузных автосамосвалов системой автоматической смазки «ЛИНКОЛЬН», что приведет к увеличению ходимости основных узлов и агрегатов.

На снижение количества отказов и соответственно повышение ходимости и снижение затрат влияет своевременная диагностика состояния узлов и агрегатов самосвалов за счет проведения качественного анализа масел и эксплуатационных жидкостей.

Для снижения затрат на производство ремонтов производятся модернизации различных узлов и систем самосвалов. Так для исключения длительных простоев и замены дорогостоящих импортных зарядных генераторов «Bosh» и «Delko» на автосамосвалах «Холпак-830Е» были применены отечественные зарядные генераторы, устанавливаемые на самосвалы марки «БелАЗ».

Все перечисленные организационно технические мероприятия и внедренная в 2003 году новая система премирования позволяет ежегодно снижать время простоя (на 1 ед.) большегрузных самосвалов в ремонте на 4-8 %.

Наряду с ростом объема вскрышных работ увеличение среднего плеча позитивно влияет на ведение горных работ в целом, обеспечивает развитие добычи в проектных направлениях и дает перспективу.

Возможность дальнейшего развития производства позволяет произвести дальнейшее изменение структуры состава основных производственных фондов, с целью увеличения производственной мощности и эффективности использования парка Автобазы технологического автотранспорта. Так производственное задание на 2007-2010 годы подразумевает увеличение объемов транспортной работы. Транспортировка горной массы в объеме 68000 тыс.м3 и перевозка угля 10000 тыс. тн. в год.

В качестве осуществляемых глобальных и перспективных критериев в политике автобазы выступает следующее:

- своевременный вывод из эксплуатации изношенных и амортизированных к/самосвалов;
- своевременное пополнение новыми к/самосвалами;

- замена выбывающих самосвалов грузоподъемности 120 тонн на современные самосвалы большей грузоподъемности и производительности;
- увеличение общей грузоподъемности парка карьерных самосвалов без увеличения численности самих самосвалов (водителей);
- для повышения эффективности управления и снижения себестоимости продукции внедрение ERP системы «MBS-Ахарт»;
- для модернизации системы управления производством внедрение автоматизированной системы диспетчеризации горно-транспортного оборудования, основанной на принципах GPS.

Рост производства в холдинговой компании «Якутуголь», наметившийся в последние годы, позволяет надеяться на дальнейшее увеличение и укрепление экономических и производственных показателей и с оптимизмом смотреть в будущее.

УДК 622.013.364.3

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗУБОЖИВАНИЕ КАК ДВА ПРОЦЕССА ПОТЕРИ КАЧЕСТВА \***

Баракаева И.Д., Институт горного дела Севера СО РАН,  
г. Якутск, [www.barakaeva-i.ru](http://www.barakaeva-i.ru)

В традиционном понимании разубоживание полезных ископаемых – это потери качества полезных ископаемых в процессе добычи, выражающиеся в снижении содержания полезного компонента в добытой минеральной массе ( $C_d$ ) по сравнению с содержанием его в месторождении ( $C_o$ ) (1)

$$R = \frac{C_o - C_d}{C_o}. \quad (1)$$

Систематические научные исследования в области разубоживания в России начались в конце первой половины XX века. За это время были проведены обширные исследования в области уровня, структуры, причин происхождения разубоживания руд; методики определения и учета, экономической оценки последствий, а также проблемы нормирования разубоживания руд.

Однако, произошедшие изменения в России в переходный период от директивно регулируемой экономики к экономике рыночной ориентации в области минерально-сырьевого комплекса, а также развитие концепций кластерной организации месторождения, внутрирудничной предконцентрации, комбинированных геотехнологий, эксплуатационных кондиций, делает необходимым выработку расширительной концепции управления разубоживанием руд.

Переход на рыночные принципы хозяйствования значительно увеличил многие составляющие затрат, что обусловило необходимость пересмотра основных параметров кондиций на минеральное сырье. В частности, произошло увеличение бортового содержания, что привело к расчленению единого рудного тела на ряд изолированных, разобщенных между собой рудных скоплений (рис. 1).

---

\* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 06-05-96120)

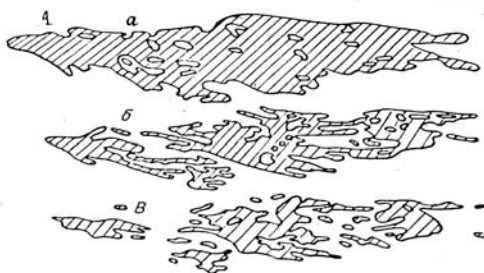


Рис. 1. Изменение морфологии рудных тел, при разных бортовых содержаниях (по В.А. Викентьеву и др. [1])

а-в – бортовые содержания (усл. ед.): а – 1, б – 3, в – 10

Это сопровождается не столько уменьшением запасов в целом, сколько ростом доли неактивных запасов.

Согласно предлагаемой теории, запасы месторождения подвергаются разубоживанию в двух основных случаях: в процессе добычи (горно-технологическое разубоживание) и непосредственно в исходном массиве руды до начала добычных работ (геолого-экономическое разубоживание).

Первый тип разубоживания, горно-технологический, известен теории и практике освоения недр уже несколько столетий, выражается потерей качества в процессе отработки месторождения (1).

Представим коэффициент горно-технологического разубоживания ( $R^*$ ) (1) с учетом важнейших составляющих добытой рудной массы и обобщения различных предложений многих авторов в виде:

$$R^* = \frac{Q_{п.п.}}{Q_d} + \frac{C_o - C_{п.н.с.}}{C_o} \cdot \frac{Q_{п.н.с.}}{Q_d} + \frac{C_o - C_{н.р.}}{C_o} \cdot \frac{Q_{н.р.}}{Q_d} \quad (2)$$

$$\text{или} \quad R^* = R_{п.п.} + R_{п.н.с.} + R_{н.р.}, \quad (3)$$

где  $C_{п.н.с.}$  – среднее содержание породы с некондиционным содержанием полезного компонента;  $C_{н.р.}$  – среднее содержание в некондиционной руде;  $R_{п.п.}$  – разубоживание руды пустой породой;  $R_{п.н.с.}$  – разубоживание породами с некондиционным содержанием полезного компонента;  $R_{н.р.}$  – разубоживание некондиционной рудой (предстоящие затраты на транспортировку, подготовку к обогащению и обогащение которой превышают содержащуюся в ней ценность полезного компонента).

Второй тип, геолого-экономическое разубоживание ( $R^{**}$ ) запасов, обуславливается природными процессами образования месторождений, с одной стороны, и технологией оконтуривания запасов в соответствии с современными требованиями разведки и оценки месторождений, с другой.

В защиту данного положения приведем некоторые аргументы.

Во-первых, как известно, геологами выявлены особенности в иерархии концентрационных неоднородностей полей содержания минералов и элементов месторождений различных полезных ископаемых. Одним из важнейших следствий этого природного явления, являются закономерности формирования структуры кондиционных кусков, порций и участков рудного тела. Для месторождений практически всех типов при характерном им кластерном строении, кондиционные участки (кластеры) составляют 20-40% объема рудного тела, заключая в себе 70-90% запасов полезного компонента.

Во-вторых, при оконтуривании запасов элементы неоднородностей полей содержаний

не выявляются и усредняются, а в процессе добычи происходит смешивание кондиционных и некондиционных порций, результаты чего отражает среднее содержание по блокам, выемочным единицам и т.д. При этом, в оконтуренных балансовых запасах, как правило, на месторождениях с неравномерным оруденением преобладают некондиционные куски и порции как породы, так и руды.

В-третьих, способы надежного обнаружения и оценки зон концентрации полезного компонента несовершенны при современных методах опробования. Как правило, разведка месторождений пропускает сравнительно мелкие неоднородности, а современные геотехнологические схемы разработки их не учитывают. В то же время, даже при любой детальности разведочной сети фактическую морфологию поля минерализации обнаружить невозможно, если первичная геологическая проба будет недостаточно представительной. Непредставительное опробование не выявляет по участкам и россыпям 30-100% площади с кондиционными запасами [2].

В-четвертых, геологическое разубоживание сопровождается ухудшением качества в процессе образования собственно руды. Наиболее ярко этот момент проявляется при наличии в исходных рудах (или концентратах) природных сорбентов. К природным сорбентам, например, золота могут быть отнесены тонкоизмельченные сульфиды, кварц, гидроксиды железа и марганца, некоторые разновидности глин. Не исключены в золотых рудах (концентратах) и такие примеси как минералы мышьяка: арсенопирит, мышьяковистые сульфосоли и др., вызывающие необходимость создания в металлургических цехах специальных дорогостоящих систем по очистке газов и сточных вод [3].

В-пятых, руды, как правило, характеризуются большим разнообразием вещественного состава, заключая в себе до пяти сортов на одном месторождении. При этом зачастую происходит валовая отработка различных технологических сортов и переработка последних по единой технологической схеме. Все это приводит к снижению извлекаемого содержания ( $C_{и}$ ) и коэффициента извлечения ( $J$ ) и, как следствие, к росту геологического разубоживания.

Среднее извлекаемое содержание представим как исходное содержание полезного при рациональном использовании современных технических средств и технологии добычи с учетом допустимого уровня затрат.

По аналогии с показателем *извлекаемые запасы* ( $Q_{и}$ ), рассчитывающийся как [4]

$$Q_{и} = Q_o \cdot J, \quad (4)$$

*среднее извлекаемое содержание* ( $C_{и}$ ) представим в виде

$$C_{и} = C_o \cdot J. \quad (5)$$

Заметим, что среднее извлекаемое содержание и коэффициент извлечения – показатели динамичные и могут изменяться в зависимости от развития технологии. Повысить  $C_{и}$  и  $J$  возможно на основе технологической типизации руд и геолого-технологического картирования, представляющее собой комплекс работ по геометризации (оконтуривание на геологических разрезах и планах) руд, характеризующихся различными технологическими свойствами и требующими в этой связи применения различных схем обработки [3].

Коэффициент геолого-экономического разубоживания руд можно определить по аналогии с (2) по формуле:

$$R^{**} = \frac{C_k - C_o}{C_k} = \frac{C_k - C_1}{C_k} \cdot \frac{Q_1}{Q_o} + \frac{C_k - C_2}{C_k} \cdot \frac{Q_2}{Q_o} + \dots + \frac{C_k - C_i}{C_k} \cdot \frac{Q_i}{Q_o} + \dots + \frac{C_k - C_n}{C_k} \cdot \frac{Q_n}{Q_o}, \quad (6)$$

где  $C_k$  – среднее содержание компонента в массе руды, состоящей из всей совокупности кондиционных кусков и порций в обрабатываемом блоке;  $C_i$  – среднее содержание *i-того*

типа некондиционных кусков и порций в данном блоке;  $Q_i$  – масса руды в  $i$ -ом блоке;  $Q_0$  – масса руды в отработываемом блоке.

При этом, среднее содержание полезного компонента  $C_0$  в оконтуренных и отработываемых запасах  $Q_0$  можно записать в виде

$$C_0 = C_k \cdot (1 - R^{**}). \quad (7)$$

Общее разубоживание ( $R$ ) можно представить в виде суммы  $R^*$  и  $R^{**}$

$$R = R^* + R^{**}. \quad (8)$$

Полученная формула (8) свидетельствует об аддитивности коэффициента разубоживания. Аддитивность дает основание все его составляющие вычислять отдельно, что позволяет разработать комплексную систему оценки и поиска рациональной совокупности мероприятий по повышению эффективности разработки месторождений на основе управления разубоживанием руд.

Заметим, что с 60-х годов прошлого столетия многими специалистами отмечалась тенденция практически экспоненциального роста объемов добычи и переработки минерального сырья на основе, главным образом, создания и внедрения все более мощной горной техники и совершенствования технологий его добычи и переработки. Наряду с этой главной тенденцией горнодобывающих отраслей четко прослеживались и ряд сопутствующих тенденций, таких как:

- опережающий рост извлекаемых из недр объемов горной массы по сравнению с ростом объемов основного конечного продукта;
- ухудшение природных условий добычи и переработки минерального сырья;
- растущее разнообразие природных условий добычи и переработки МС;
- растущее влияние высокой пространственной изменчивости геологических полей на технико-экономические показатели добычи и переработки МС.

В результате начинают развиваться теория и технологии усреднения руд, технологического картирования, внутрирудничной предконцентрации, новейшие технологии добычи, обогащения и металлургии различных металлов [5 и др.].

Модель относительного изменения прибыли в зависимости от изменения факторов, разработанная в ИГДС СО РАН, примем в виде [6]:

$$\frac{\Delta\Pi}{\Pi} = \frac{\Delta Q}{Q} + \frac{\Delta C_k}{C_k} - \frac{\Delta R^{**}}{R^{**}} f(R^{**}) + \frac{\Delta J}{J} - \frac{\Delta P}{P} f(P) - \frac{\Delta R^*}{R^*} f(R^*) + \frac{\Delta Ц}{Ц} f_{\Pi}(L) - \frac{\Delta Z}{Z} f_3(L) - \frac{\Delta W}{W} f(W), \quad (9)$$

где  $\Pi$  – прибыль при отработке участка месторождения;  $Q$  – запасы руды, отработываемые в единицу времени (месяц, квартал, год и т.п.);  $J$  – коэффициент извлечения металла при переработке руды;  $P$  – коэффициент потерь;  $Ц$  – цена единицы конечного продукта;  $Z$  – совокупные затраты на единицу конечного продукта;  $W$  – вероятность нахождения системы в неисправном состоянии (интегральный показатель, учитывающий аварийные ситуации в системе по всем важнейшим причинам);  $\Delta\Pi/\Pi$  – относительное изменение прибыли;  $\Delta X = (X_n - X_0)$  – приращение переменной  $X$ , равное разности нового и базового значений  $X$ ;  $\Delta X/X$  – относительное изменение  $X$  ( $Q, C, J, R^*, R^{**}, P, Ц, Z, W$ );  $f(R^{**}) = R^{**}/(1 - R^{**})$ ,  $f(P) = P/(1 - P)$ ,  $f(R^*) = R^*/(1 - R^*)$ ,  $f_{\Pi}(L) = 1/(1 - L)$ ,  $f_3(L) = L/(1 - L)$ ,  $L = Z/Ц$ ,  $f(W) = W/(1 - W)$ .

Из (10) видно, что относительное уменьшение коэффициентов разубоживания на  $-\Delta R^{**}/R^{**}$  и  $-\Delta R^*/R^*$  (при неизменных затратах  $Z$  и других факторов) ведет к относительному росту прибыли на величину, равную



$$\frac{\Delta\Pi}{\Pi} = \frac{\Delta R^*}{R^*} \cdot \frac{R^*}{1-R^*} + \frac{\Delta R^{**}}{R^{**}} \cdot \frac{R^{**}}{1-R^{**}}. \quad (10)$$

Заметим, что переменные множители  $f(R^*)$  и  $f(R^{**})$  при изменении  $R^*$  и  $R^{**}$  от нуля до 0,95 изменяются от нуля до 19 и особенно быстро возрастают при  $R > 0,75$  (рис. 2).

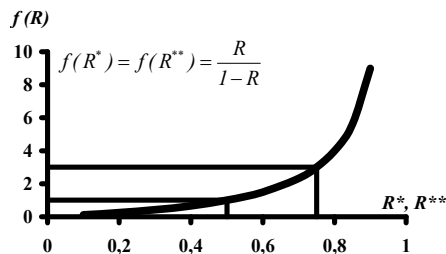


Рис. 2. Характер изменения множителей  $f(R^*)$  и  $f(R^{**})$  от  $R^*$ ,  $R^{**}$

При одинаковом характере влияния двух видов разубоживания  $R^*$  и  $R^{**}$  на относительное изменение прибыли (формула (10) и рис. 2), степень их влияния существенно различна практически на всех месторождениях.

Последнее объясняется следующими двумя причинами: 1) для большинства месторождений разубоживание  $R^*$  составляет первые проценты и редко превышает 0,5 (50%); геолого-экономическое разубоживание (природное, *in situ*)  $R^{**}$ , наоборот, чаще и существенно более 0,5; 2) при современных тенденциях развития геотехнологий можно считать, что имеются потенциально эффективные мероприятия в борьбе с общим разубоживанием ( $R$ ) и при этом относительное уменьшение общего разубоживания в решающей степени будет достигаться за счет уменьшения геолого-экономического разубоживания.

Отсюда и относительный рост прибыли по (10) будет обеспечен (потенциально) в решающей степени за счет уменьшения геолого-экономического разубоживания. Например, при  $R^* = 0,10$ ,  $R^{**} = 0,75$  и  $\Delta R^*/R^* = -0,3$ ,  $\Delta R^{**}/R^{**} = -0,6$  по (9) будем иметь  $\Delta\Pi/\Pi = 0,03 + 1,8$ .

Теперь обратим внимание на возможности и пределы компенсации повышения эксплуатационных затрат снижением общего разубоживания (12)

$$\left| \frac{\Delta R}{R} \right| \geq \left| \frac{\Delta L}{L} \right| \cdot \frac{L}{1-L} \cdot \frac{1-R}{R}. \quad (12)$$

До и после 90-х годов на горных предприятиях бывшего СССР и затем России отношение эксплуатационных затрат к цене реализации продукта ( $L = 3/C$ ) было близким к 1 или, по крайней мере, более 0,6 (за исключением некоторых, в т.ч. ПО «Якуталмаз» – ныне АК АЛРОСА, где было  $0,2 < L < 0,4$ ).

В развитых горнодобывающих странах в этом отношении было все наоборот –  $L$  было в пределах 0,2-0,6.

Анализ условия (12) приводит к простому, но весьма важному и примечательному заключению из двух частей:

1. при любых  $L = 3/C$ кратно легче погасить (предупредить) рост затрат при большом (более 0,5) разубоживании, чем при малом (рис. 3);

2. при любом разубоживаниикратно легче погасить (предупредить) рост затрат при малых  $L = 3/Ц$ , чем при больших (рис. 4).

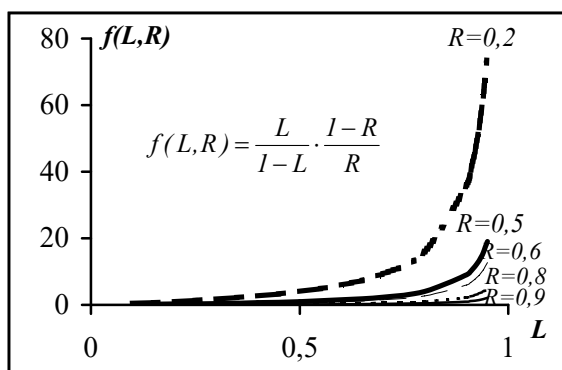


Рис. 3.

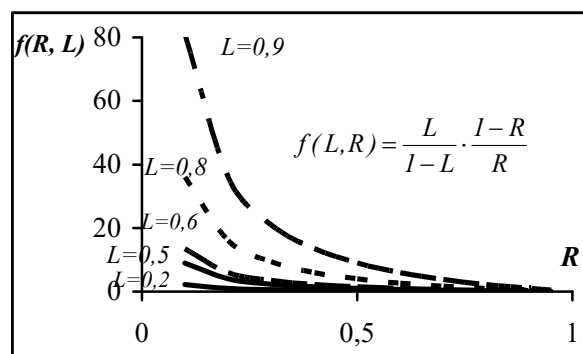


Рис. 4.

Фактически из этого (особенно из второй части) сложились разные научно-технические задачи и даже политики в СССР и США, Канаде и других странах с рыночной экономикой, отмечаемые в ряде российских монографий [5 и др.]. В развитых странах особое внимание уделялось и уделяется обеспечению кондиционного качества добываемых руд и уменьшению их потерь.

#### Литература

1. Викентьев В.А. Экспертиза подсчета запасов рудных месторождений / В.А. Викентьев, И.А. Карпенко, М.В. Шумилин. М.: Недра, 1988. 199 с.
2. Батугин С.А. Теоретические основы опробования и оценки запасов месторождений / С.А. Батугин, Е.Д. Черный. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение РАН, 1998. 344 с.
3. Лодейщиков В.В. Методические рекомендации по типизации руд, технологическому опробованию и картированию коренных месторождений золота / В.В. Лодейщиков, А.В. Васильева. Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1997. 164 с.
4. Ампилов Ю.П. Стоимостная оценка недр / Ю.П. Ампилов. М.: Геоинформцентр, 2003. 274 с.
5. Технология разработки золоторудных месторождений / В.П. Неганов, В.И. Коваленко, Б.М. Зайцев и др. М., 1995. 336 с.
6. Ткач С.М. Методологические и геотехнологические аспекты повышения эффективности освоения рудных и россыпных месторождений Якутии / С.М. Ткач. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2006. 284 с.

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ УГЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Бычев М.И., д.х.н., Петрова Г.И., д.т.н.,  
Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск  
Голубенко А.В., к.э.н., Министерство промышленности РС (Я), г. Якутск

Развитие промышленного, перерабатывающего производства тесно связано с наличием в регионе расположения достаточного количества сырьевых, энергетических ресурсов, надежной работы топливно-энергетического комплекса.

Развитие Южной Якутии началось с создания предприятий ТЭК: угольного разреза, электростанции, однако дальнейшее развитие промышленного производства с созданием здесь производств глубокой переработки угля, металлургии еще не состоялось, экономика г. Нерюнгри базируется в основном на поставках сырьевых ресурсов – коксующихся и энергетических углей, золота. Очевидно, что только энергетические и сырьевые предприятия, к тому же расположенные вдали от промышленных центров не могут являться единственной основой развития региона, а отсутствие предприятий глубокой переработки сырья делает такое развитие экстенсивным.

2006-2007 г.г. следует считать переломными в планах промышленного развития Южной Якутии. На заседании 8 февраля 2007 года Правительство Российской Федерации поддержало подготовленные Минэкономразвития России совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, организациями и Правительством Республики Саха (Якутия) основные положения Схемы комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года. предусматривающей в том числе мероприятия по созданию и развитию перерабатывающих производств на территории республики в области угле-, нефте- и газохимии.

Созвучным большим событием в экономике России явилась встреча в начале февраля т.г. Президента РФ В.В. Путина с представителями Российского союза промышленников и предпринимателей, на которой Президент предложил, во-первых, "сделать качественные шаги от простой эксплуатации природных ресурсов к их глубокой переработке и на этой основе развивать инновационную экономику", во-вторых, обсудить вопрос "об углубленной переработке сырьевых ресурсов и развитии производств с высокой добавленной стоимостью".

Проект "О социально-экономическом развитии Республики Саха (Якутия)" предусматривает строительство в Южной Якутии металлургического комплекса, который в полном варианте должен включать агломерационное, коксохимическое, доменное, мартеновское и прокатное производство. Сырьевая база такого комплекса обеспечена имеющимися в Южной Якутии месторождениями железных руд и коксующихся углей. При этом следует отметить, что от Кузбасса до Владивостока нет ни одного полного металлургического (черная металлургия) завода. Идея такого строительства обсуждается не менее 20 лет.

При разработке ТЭО необходим анализ двух вариантов строительства.

а) Полный коксохимический цикл (завод), включающий углеподготовительный цех (возможно, обогатительную фабрику), коксовый цех и цех улавливания - химическое крыло. Последнее состоит из отделений конденсации смолы, улавливания аммиака с получением

удобрения - сульфата аммония (минеральное удобрение), улавливания бензола, переработки смолы, бензола и т.д.

б) Неполный коксохимический цикл, включающий только углеподготовительный и коксовый цеха, отделение конденсации смолы, возможно цех по производству сульфата аммония.

В настоящее время в мировой практике имеются многочисленные случаи строительства коксохимических заводов по варианту "б". В условиях географического положения Южной Якутии такой подход может оказаться наиболее экономически приемлемым.

Согласно мнению французских и немецких аналитиков основным направлением в черной металлургии на обозримое будущее сохранится производство стали через доменный процесс. Поэтому сохранится и необходимость в производстве кокса.

Кроме того, коксовые батареи в мире стареют и изнашиваются. Установленные коксовые мощности в бывшем СССР, США, Японии и большинстве стран мира значительно превзошли свой средний возраст. В этой связи считается, что если не будут построены новые коксовые батареи или переложены изношенные в ближайшие годы, то доля старых коксовых батарей со сроком службы более 25 лет (проектный срок службы коксовых печей) увеличится до 40 % через 5 лет и до 60 % через 10 лет.

Потребность в доменном коксе составляет 260 млн.т/год, а к 2010 г. должна возрасти до 285 млн.т/год. Считается, что в индустриально развитых странах спрос на кокс будет снижаться вследствие замены его пылеугольным топливом в доменных печах и внедрения новых технологий; в развивающихся странах потребность в коксе, как полагают, возрастет. Поэтому аналитики предполагают, что в ближайшем будущем не исключена вероятность возникновения дефицита кокса в мире.

Состояние коксохимической промышленности в России характеризуется следующим образом. В настоящее время действуют 12 коксохимических предприятий, в составе которых 61 коксовая батарея (3863 коксовых печей). Общая проектная мощность действующего печного фонда в РФ составляет 38,4 млн. т/год, а с учетом старения производственная мощность находится на уровне 85% от проектной и составляет 32,6 млн. т/год кокса 6%-ной влажности. Средний возраст коксовых батарей составляет 22 года. При этом батареи со сроком эксплуатации до 20 лет составляют половину всего коксохимического действующего оборудования. У остальных батарей этот срок превышает 30 лет.

Департаментом металлургического комплекса Министерства экономического развития и торговли РФ разработана "Стратегия развития коксохимического производства в РФ" в период 2000-2005 гг. Программой намечено построить и ввести в эксплуатацию 16 коксовых батарей общей проектной мощностью 10,6 млн. т и вывести 13 батарей мощностью 7,6 млн. т.

Сегодня Россия экспортирует кокс в Бельгию, Болгарию, Великобританию, Германию, Индию, Италию, Латвию, Литву, Норвегию, Нидерланды, Румынию, Турцию, Финляндию и другие страны.

Могут быть различные варианты производительности будущего завода в Южной Якутии по угольной шихте и коксу. При любой производительности получаемого коксового газа будет достаточно для обогрева печей, т.е. нет необходимости в дополнительных энергозатратах на процесс получения кокса. Мощности оборудования, обслуживающего коксовые печи, достаточно велики, что может способствовать более высокому уровню использования электроэнергии, вырабатываемой Нерюнградской ГРЭС.

Сырьевая база будущего коксохимического завода может быть обеспечена южно-якутскими углями, кроме газовых.

Вопросы, связанные с экспортом металлургического кокса, требуют специального изучения, но при этом следует отметить, что, например, Япония, не имея собственных запасов коксующихся углей, производит из импортируемых углей 3 млн. т. в год металлургического кокса, который экспортирует в более чем в 20 стран.

Таким образом, строительство коксохимического завода в Южной Якутии является актуальным, позволяет в значительной степени решить проблемы региона и повысить рентабельность угледобывающих предприятий. При этом следует исключить такой общепринятый в прошлом вариант, когда для удешевления проектирования и строительства экономят на экологических мероприятиях.

Угольная сырьевая база Южной Якутии позволяет производить металлургический кокс с высокими физико-механическими свойствами, поскольку угли ЮЯУБ являются витринитовыми и хорошо спекающимися.

Об этом свидетельствуют уже первые упоминания о механической прочности кокса, полученного из угля пласта "Мощного". Так, из угля пласта "Мощного" с толщиной пластического слоя 18, 14, 11 мм был получен кокс с прочностью, характеризуемой остатком в барабане Сундгрена, соответственно 332, 326 и 278 кг<sup>1</sup>.

Имеются также данные о прочности кокса, полученного из различных смесей (шихт) углей<sup>2</sup>.

Как видно из таблицы, уголь пласта "Мощного" в шихте с другими углями Южной Якутии позволяет получить кокс с высокими прочностными свойствами.

Таблица 1

**Варианты шихт и прочность кокса**

№	Разрез, месторождение	Марка угля	Участие концентрата в шихте, %	Зольность, A <sup>d</sup> , %	Остаток кокса в барабане Сундгрена
1	р-з Нерюнгринский Чульмаканское Денисовское	СС	30	9,0-10,5	335
		Ж	30		
		К	40		
2	р-з Нерюнгринский Чульмаканское Денисовское Муастахское	СС	20	10,0	350
		Ж	50		
		К	15		
		К	15		
3	р-з Нерюнгринский Чульмаканское	К	30	10	340
		Ж	70		

Строительству металлургического комплекса должен предшествовать ряд следующих мероприятий:

а) Выбор сырьевой базы (определение состава шихты), позволяющий получить металлургический кокс высокого качества, апробация шихты в лабораторных и промышленных условиях (на действующих предприятиях).

б) Проведение маркетинговых исследований.

<sup>1</sup> Справочник коксохимика. Т. I. Сырьевая база и подготовка углей к коксованию. М.: Изд-во "Металлургия", 1964. 490 с.

<sup>2</sup> Ефремов Э.И. Некоторые направления рационального использования южноякутских углей. БНТИ. СО АН СССР, Якутский филиал. Якутск, 1984. С. 25-28.

в) Разработка ТЭО.

В Южной Якутии может быть также создано производство сорбентов (активный уголь), сырьем для которого может послужить каменный уголь, а также и древесные отходы. Применяется активный уголь для очистки питьевой воды, сточных вод, пищевых продуктов, в фармакологии и т.д.

Таким образом, настала потребность в проведении детальных расчетов и технико-экономических обоснований по созданию в Южной Якутии комплекса предприятий по переработке имеющихся полезных ископаемых: ценных марок коксующихся углей, железных руд, исходя не только из прогнозируемой конъюнктуры рынков сбыта угля и стали, но и с точки зрения возможного мультипликативного эффекта межрегионального масштаба с учетом наличия месторождений угля и железных руд в соседних с Республикой Саха (Якутия) регионах.

УДК 622.371

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА МАЛЫХ РАЗРЕЗАХ СЕВЕРА**

Ворсина Е.В., Технический институт (филиал) ЯГУ,  
г. Нерюнгри, [vorsina@e-mail.ru](mailto:vorsina@e-mail.ru)

Технология открытой разработки месторождения — достаточно обширное и сложное понятие, включающее в себя совокупность способов и приемов механизированного осуществления взаимосвязанных процессов открытых горных работ, основанное на фундаментальных знаниях закономерностей разработки и возможностей технических средств. Задача объективной оценки эффективности применяемых технологических решений при разработке каждого отдельного угольного месторождения с конкретными горно-геологическими условиями настолько же сложна, как и необходима.

Угледобывающие предприятия небольшой производственной мощности ввиду известных специфических особенностей зачастую проектируются, строятся, эксплуатируются и получают научную поддержку своими более упрощенными способами. Так, например, при выборе и научном обосновании применяемых в проектах малых разрезов инженерных решений на первое место выходят методы аналогий и использования опыта отработки участков и месторождений со сходными горно-геологическими и горнотехническими условиями.

Методика оценки эффективности технологии добычи угля на малом разрезе должна отвечать следующим требованиям:

- учитывать горно-геологические, горнотехнические условия эксплуатации угольного месторождения и объем добычи угля на малом разрезе;
- позволять оценивать технологию добычи малых разрезов с различными способами вскрытия, системами открытой разработки месторождения, комплексами оборудования и т.п.;
- допускать оценку по различному количеству показателей, число которых не должно ограничиваться;
- в качестве эталона иметь прогрессивные динамичные базовые показатели;
- исключить влияние субъективности, особенно при комплексной оценке;
- быть пригодной для оценки эффективности применяемой технологии добычи и регулирования технологических решений на всех этапах разработки угольного

месторождения.

По принципу эквивалентности и аналогии при необходимости изменения каких-либо технологических решений в работе малого разреза для анализа вариантов и выбора из них оптимального на начальном этапе возможно применение широкоизвестной безэкспертной методики для оценки качества горных машин. При этом математический аппарат безэкспертной методики используется как основа для методологических положений оценки эффективности технологии добычи угля на малом разрезе, но номенклатура показателей и функциональный критерий, разумеется, вводятся другие, характеризующие работу угледобывающего предприятия.

Для оценки уровня эффективности применяемой технологии добычи угля на малых разрезах Севера используются функциональный критерий, удельные величины базовых, единичных и комплексных показателей. Методика для оценки эффективности технологии добычи на малых разрезах Севера предусматривает следующую последовательность выполнения работ:

1. Определение функционального критерия малого разреза Севера. Под термином функциональный критерий понимается количественная мера оценки добычи угля малым разрезом в конкретных условиях эксплуатации месторождения, которую можно выразить следующим образом:

$$\lambda = \frac{V_g}{V_o} P_p = 0,05 k_b^{\text{тек}} [k_{\text{тр}} (\sigma_{\text{сж}} + \sigma_{\text{сдв}} + \sigma_p) + 10^{-3} \gamma g], \text{ м}^3/\text{т},$$

где:  $V_v$  и  $V_d$  – соответственно, фактические объемы вскрышных ( $\text{м}^3$ ) и добычных (т) работ;  $P_p$  - показатель трудности разрушения породы по В.В. Ржевскому;  $k_b^{\text{тек}}$  - текущий коэффициент вскрыши,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $k_{\text{тр}}$  – коэффициент, учитывающий трещиноватость горных пород;  $\gamma$  – плотность,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $\sigma_{\text{сж}}$ ,  $\sigma_{\text{сдв}}$ ,  $\sigma_p$  – пределы прочности породы при одноосном сжатии, сдвиге и одноосном растяжении, МПа:

2. Формирование номенклатуры показателей для оценки технологии добычи угля. Показатели, принятые для оценки, определяются методом ранговой корреляции, как наиболее значимые из числа пригодных для оценки эффективности технологии добычи. При этом номенклатура показателей, из которой выбираются наиболее значимые, может корректироваться в зависимости от назначения осуществляемой оценки.

3. Определение удельных величин показателей, принятых для оценки. Под удельными величинами показателей, в данном случае, понимается отношение значений рассматриваемых параметров к значению функционального критерия малого разреза.

4. Выбор базовых показателей эффективности добычи угля и построение базовой (эталонной) модели малого разреза Севера.

5. Определение уровня эффективности технологии добычи по единичным показателям, представляющего собой степень соответствия достижимому урону по одному из наиболее значимых показателей.

6. Определение уровня эффективности технологии добычи по комплексному показателю. Комплексный показатель эффективности применяемой технологии добычи угля представляет собой степень соответствия уровня эффективности рассматриваемого объекта наиболее достижимому уровню по наиболее значимым показателям, принятым для оценки.

По предлагаемой методике проведена оценка технологии добычи угля на пяти участках открытых горных работ Нерюнгринского района Южной Якутии в различные годы их эксплуатации. В качестве объектов оценки были выбраны следующие малые разрезы: два участка ООО СП "Эрэл" "Угольный" и "Инаглинский", АОЗТ разрез "Олонгринский", ЗАО "Малые разрезы Нерюнгри" и участок открытых горных работ ОАО УДП "Денисовское".

Наиболее значимыми показателями определены прибыль предприятия и себестоимость добычи 1 т угля. Результаты расчетов показали, что методика работает с достаточной точностью.

Для объектов оценки выведена итоговая математическая модель, которая представляет собой уравнения зависимости комплексного показателя (K) эффективности технологии добычи на малых разрезах от удельных показателей (q), принятых для оценки, и от уровня эффективности по единичным показателям (k):

$$K = 0,7628 k_1 + 0,1285, \quad (R=0,92);$$

$$K = 0,7543 k_2 + 0,0497, \quad (R=0,51);$$

$$K = - 0,2806/q_1 + 0,7881, \quad (R=0,89);$$

$$K = 5,2669/q_2 + 0,0488, \quad (R=0,51).$$

Данные зависимости позволяют оперативно прогнозировать уровень эффективности работы малых разрезов в зависимости от наличия соответствующих данных.

На основе оценки уровня эффективности работы малых разрезов Севера по данным методологическим положениям возможно обоснование организационно-технологических мероприятий, повышающих этот уровень силами предприятия. Но следует отметить, что такие инженерные решения, которые требуют проведения реконструкции как, например, переход на новый комплекс горного оборудования, должны прорабатываться более тщательно с привлечением научных и проектных организаций. Окончательное решение принимается на основе традиционного технико-экономического сравнения вариантов, и реконструкция проводится на основе специально выполняемого проекта.

УДК 622.037

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРОВ**

Вычужин Т.А., к.т.н., доцент,

Технический институт (филиал) ЯГУ, г. Нерюнгри

В настоящее время россыпные месторождения Южной Якутии отрабатываются открытым раздельным способом с применением мощной бульдозерной техники. Эффективность использования бульдозеров зависит, прежде всего, от условий залегания россыпи. Поэтому исследование факторов влияющих на производительность бульдозеров, которая определяет эффективность эксплуатации россыпных месторождений в целом, является весьма актуальным. К тому же, в настоящее время, условия залегания россыпных месторождений постоянно ухудшаются: увеличивается глубина залегания, снижается содержание золота, уменьшаются размеры месторождения в плане, нет прироста запасов, в связи с чем, в разработку вовлекаются техногенные месторождения. Все это предъявляет повышенные требования к эффективности разработки россыпей.

Эксплуатационная производительность бульдозера определяется [1] по формуле  $P_{\bar{o}} = 3600T_{cm}V_{\bar{e}}k_c k_u / (t_u k_p)$ ,

где  $T_{cm}$  – продолжительность смены, ч;

$V_{\bar{e}}$  – объем перемещаемого вала породы (первоначальный), м<sup>3</sup>;

$k_c$  – коэффициент сохранности вала породы в зависимости от способа выемки и расстояния транспортирования;

$k_u$  – коэффициент использования рабочего времени;

$t_u$  – время одного цикла, с;



$k_p$  – коэффициент разрыхления породы и многих других организационных и технических факторов.

Отсюда следует, что основными факторами, определяющими производительность бульдозеров, являются объем первоначального вала породы перед отвалом бульдозера, коэффициент сохранности вала и продолжительность цикла.

Продолжительность цикла добычных работ бульдозером зависит от среднего расстояния транспортирования, которая, в свою очередь, зависит от параметров разрабатываемой россыпи и размеров одной приборостоянки (полигона). По классификации Лешкова В.Г. россыпные месторождения Южной Якутии относятся к узким и средним россыпям.

Из этого следует, что параметры залегания россыпей должны оказывать значительное влияние на производительность бульдозерной техники. Это влияние выражается в установлении определенных размеров полигонов, которые уже predeterminedены по критерию оптимальных объемов песков промываемых с одной стоянки промприбора. Таким образом, полигон (1 приборостоянка) представляет собой прямоугольник, одна сторона которого равна ширине россыпи т.е. от 35 до 85,9 м. (средняя ширина россыпей относящихся к узким и средним), а другая, приблизительно, находится в пределах 200-400 м (при однокрылом и двукрылом полигоне), что нужно для обеспечения объемов промывки на одной приборостоянке, а именно, загруженности промывочных приборов.

При данных размерах полигонов не обеспечивается в полной мере производительность бульдозеров из-за увеличения среднего расстояния транспортирования песков бульдозерами, т.к. россыпь (полигон) представляет узкую вытянутую залежь. Среднее расстояние транспортирования в настоящее время составляет 100 м - для легких бульдозеров и 150 м - для тяжелых бульдозеров. При эксплуатации россыпей она уточняется в зависимости от конкретных условий залегания. Таким образом, можно сказать, что для увеличения объемов промывки на одной приборостоянке необходимо увеличить среднее расстояние транспортирования пород бульдозерами, а этого можно достичь увеличением длины полигонов. Увеличение среднего расстояния транспортирования влияет на продолжительность цикла и объем вала породы перемещаемого бульдозером, тем самым на производительность бульдозеров (см. таблицу 1).

Таблица 1

**Объем вала породы, перемещаемой бульдозером**

Тип бульдозера	Параметры отвала		Объем вала породы перемещаемой бульдозером
	Высота отвала $h_{отв}$ , м	Ширина отвала $B_{отв}$ , м	
Т-170	1,14 м	4,12 м	4,7
Т-180Г	1,23 м	3,64 м	5,47
ДЭТ-250	1,4 м	4,54 м	6,35
ДЭТ-250М	1,55 м	4,31 м	6,68
ДЭТ-250М2	1,7 м	4,55 м	7,73
Т-330	1,75 м	4,73 м	8,27
Т-35.01	2 м	4,8 м	9,6
Т-50,01	2,3 м	6,05 м	13,9

Из приведенных данных видно, что объем первоначального вала породы перемещаемого отвалом бульдозера зависит в основном от параметров отвала, т.е. высоты и

ширины. Коэффициент сохранности же вала породы зависит от расстояния транспортирования, формы отвала и способа выемки (см. рис. 1).

Анализ данных приведенных на рисунке показывает, что коэффициент сохранности объема вала породы перед отвалом увеличивается при увеличении глубины траншеи, достигая максимума при расстоянии транспортирования 65-85 метров. При увеличении дальности транспортирования он уменьшается. Эта зависимость относится к траншейной выемке. На практике же, на россыпных месторождениях применяется послойная выемка параллельными смежными заездами по мере естественного оттаивания. При этом глубина траншеи равна нулю. Тогда коэффициент сохранности уменьшается в 2 раза, что снижает производительность бульдозеров и, следовательно, эффективность отработки россыпных месторождений.

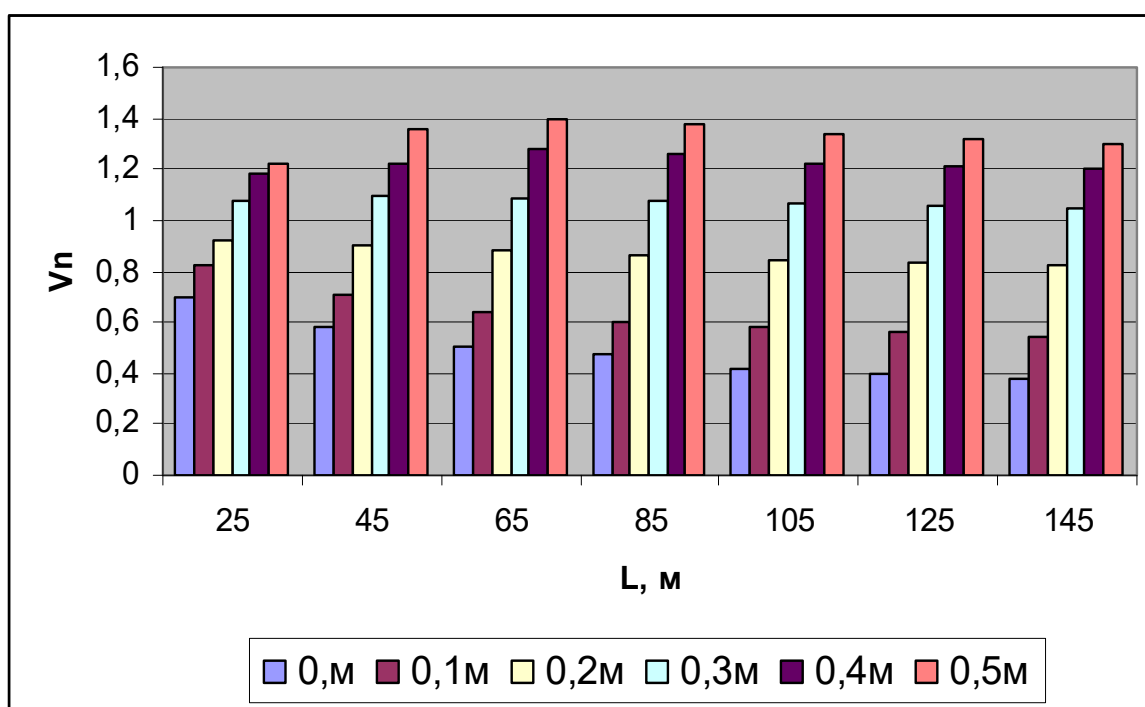


Рис. 1. Зависимость коэффициента сохранности объема вала породы от длины транспортирования при различной глубине траншеи

Производительность бульдозеров, при проектировании, чаще всего определяется по нормативным данным, которые рассчитаны для разных географических районов с учетом местных условий. Наибольшее распространение получили нормативы разработанные ВНИИ-1. Так годовая производительность бульдозеров в районах Крайнего Севера при дальности транспортирования 125-130 м составляет: на базе трактора Т-150 - 55 тыс. куб.м; Т-170 - 90 тыс. куб.м; Т-250 - 150 тыс. куб.м; Т-385 - 320 тыс. куб.м; Т-500 - 380 тыс. куб.м.

Анализируя данные по эксплуатационной производительности бульдозеров при разработке россыпей Южной Якутии и нормативными можно установить, что они вполне сопоставимы. При выполнении разного вида работ производительность бульдозеров различна. Это, естественно, связано с различными расстояниями транспортирования и работой бульдозера под уклон или подъем.

Зависимость производительности бульдозеров от длины транспортирования показана многими исследователями. Так эта зависимость установлена М.Н. Евсеевым (АО «Алмазы Анабара») и Б.Н. Заровняевым (ЯГУ), которая показывает снижение производительности

бульдозеров при расстояниях транспортирования более 50-70 м., что согласуется с ранее приведенными данными. Так, часовая производительность бульдозеров при изменении расстояния транспортирования с 20 м до 120 м составляет, соответственно, бульдозер 1-D9H со сферическим отвалом - 300 и 80 куб.м, бульдозер 1-D9H со с прямым отвалом - 225 и 75 куб.м, бульдозер Д572 - 170 и 45 куб.м, бульдозер Д575 с уширениями - 135 и 45 куб.м и т.д.

По данным В.Г. Лешкова часовая производительность бульдозеров при расстояниях транспортирования до 30 м и до 141-150 м составляет соответственно, бульдозер Д-575С - 144 и 33,6 куб. м, бульдозер Д-572С - 210 и 47,6 куб. м, бульдозер Д9Ж - 173 (до 51-60 м) и 74,6 куб. м.

Продолжительность цикла зависит также от скорости движения, особенно рабочего хода бульдозера на подъем и уклон. Так экспериментально установлено [2] уменьшение скорости рабочего хода бульдозеров на подъем:

- с 0,86 м/сек. до 0,63 м/сек. при изменении угла наклона пути с  $0^{\circ}$  до  $12^{\circ}$  для бульдозера мощностью 300 л.с.;
- с 0,83 м/сек. до 0,57 м/сек. при изменении угла наклона пути с  $0^{\circ}$  до  $21^{\circ}$  для бульдозера мощностью 385 л.с.;

При работе бульдозера под уклон установлено увеличение рабочей скорости:

- с 0,9 м/сек. до 0,97 м/сек. при изменении угла наклона пути с  $0^{\circ}$  до  $12^{\circ}$  для бульдозера мощностью 300 л.с.;
- с 0,85 м/сек. до 0,93 м/сек. при изменении угла наклона пути с  $0^{\circ}$  до  $21^{\circ}$  для бульдозера мощностью 385 л.с.

В общем можно сказать, что между скоростью движения бульдозера и наклоном пути существует линейная зависимость. Относительное снижение (увеличение) скорости движения бульдозера на 1 градус подъема (уклона) составляет для рабочего хода бульдозеров мощностью 300 л.с. и 385 л.с. соответственно 1,9 % и 1,34 %.

Снижение производительности бульдозеров из-за снижения его скорости при наклоне пути уже обусловлено, так как на практике бульдозеры в основном работают на подъем. Это вызвано принятой технологией горных работ, которая предусматривает выкучивание песков перед бункером промывочного прибора. Это связано с необходимостью равномерной подачи песков на стол гидровашгерда и установкой бункера промприбора на кровле пласта. Исключить работу бульдозера на подъем можно заглублением бункера в плотик, а именно, стол гидровашгерда должен быть на уровне плотика или ниже его. В действительности же, этого не делается по разным причинам, например, необходимости буровзрывных работ, проведение которых, в условиях эксплуатации россыпей Южной Якутии, затруднительно.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что эффективность разработки россыпных месторождений зависит от многих факторов, а именно, параметров россыпей, принятой технологии работ, производительности бульдозеров, которые, в свою очередь, особенно зависят от параметров отвала, первоначального и конечного вала пород, средних расстояний транспортирования, работе бульдозера под уклон или подъем, скорости его движения и др. факторов.

### Литература

1. Потемкин С.В. Разработка россыпных месторождений: Учеб. для вузов. М.: Недра, 1995. 471 с.
2. Чемезов Н.Н. Исследование влияния наклона пути транспортирования на скорость движения бульдозера. Горное производство на крайнем Севере. Якутск: Изд-во ЯГУ, 1975. 84 с.

## **ВИБРОДИАГНОСТИКА ГЛАВНЫХ ПРИВОДОВ БУРОВЫХ СТАНКОВ**

Герике Б.Л., д.т.н., профессор, Герике П.Б., к.т.н.,  
Институт угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово

С принятием Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1] большое значение уделяется техническим устройствам, применяемых на опасных производственных объектах, в том числе на шахтах, разрезах, карьерах. Все технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте в процессе эксплуатации, подлежат экспертизе промышленной безопасности. Важным звеном при проведении экспертизы является определение износа оборудования путем диагностирования его технического состояния.

От технического состояния оборудования зависят не только экономические показатели, но и безопасность работы обслуживающего персонала. Одними из таких технических устройств являются буровые станки.

Оценка технического состояния главных приводов осуществляется анализом среднеквадратического значения виброскорости амплитудно-частотной характеристики виброакустического сигнала в диапазоне частот 2-5000 Гц. Частота виброакустического сигнала зависит от формы дефекта, а амплитуда - от его размеров [2].

Для оценки уровня технического состояния главных приводов принимается четырехуровневая система оценки состояния: «хорошо», «удовлетворительно», «допустимо» или «недопустимо».

Уровень виброакустического сигнала с оценкой «хорошо» означает, что сборка узлов машинного агрегата оптимальна, вероятность появления дефектов на протяжении длительной эксплуатации минимальна.

Уровень «удовлетворительно» означает, что сборка узлов обеспечивает минимальную вероятность появления эксплуатационных дефектов на протяжении межремонтного пробега.

Уровень «допустимо» означает, что появляется повышенная вероятность преждевременного выхода узла из строя, машинный агрегат требует ремонта, повышенный уровень механических колебаний должен быть устранен.

Уровень «недопустимо» означает, что дальнейшая эксплуатация может привести к аварийному отказу машинного агрегата.

Современный комплекс средств для проведения работ по вибродиагностике состоит из следующих частей: аппаратные средства измерений (приборы для измерения и анализа вибрации), вспомогательные устройства и каналы связи, программное обеспечение для обработки измерительной информации и ЭВМ. Для измерения, контроля и анализа вибрации непосредственно в условиях эксплуатации пригодна переносная аппаратура, представленная виброанализаторами и сборщиками данных.

Для диагностирования могут быть использованы виброанализаторы и сборщики данных, регистрирующие виброакустические сигналы (в т.ч. в виде амплитудно-частотной характеристики) в полосе частот 0,01-10,0 кГц, с двойным интегрированием, с заданием границ частотного диапазона, с чувствительностью по виброскорости не ниже  $1,0 \cdot 10^{-5}$  мм/с, с энергонезависимой памятью и возможностью вывода данных на дисплей и персональный компьютер.

Записанные на виброанализатор или сборщик данных амплитудно-частотные характеристики сигналов исследуемых приводов подлежат обработке. Первичная обработка

производится на месте исследований для выявления дефектов главных приводов, могущих повлечь за собой отказ оборудования и требующих срочного ремонта. Полная обработка данных исследований с распечаткой протоколов вибродиагностики проводится после выгрузки полученной информации в компьютер.

Результатом проведенной вибродиагностики является протокол, содержащий значения виброскорости в контролируемых точках, а также заключение о техническом состоянии исследуемого оборудования. Протокол подписывается специалистами по вибродиагностике, проводившими диагностирование и утверждается руководителем организации.

Среди наиболее часто встречающихся дефектов следует отметить:

- Дисбаланс электродвигателя
- Дефекты элементов муфт
- Расцентровка
- Ослабление посадки подшипников
- Дефекты подшипников (увеличенные зазоры, дефекты тел качения, сепаратора)
- Дефекты зубозацепления в редукторе

Критическим для данной группы машин можно считать уровень СКЗ виброскорости, равный:

- для электродвигателей: 7.1 мм/с;
- для компрессоров: 11.0 мм/с.

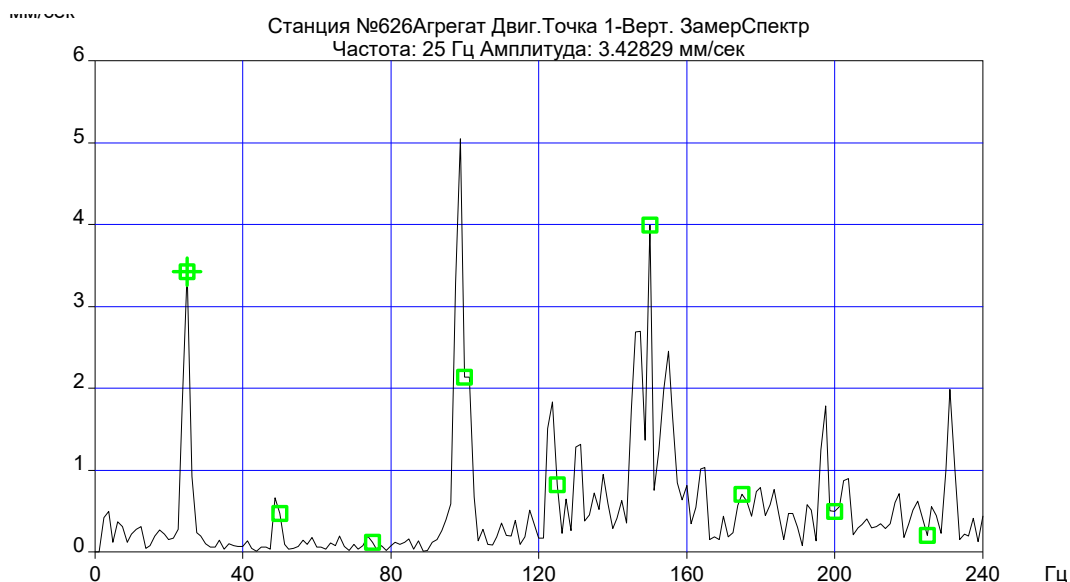


Рис. 1. Дисбаланс электродвигателя, асимметрия электромагнитного поля

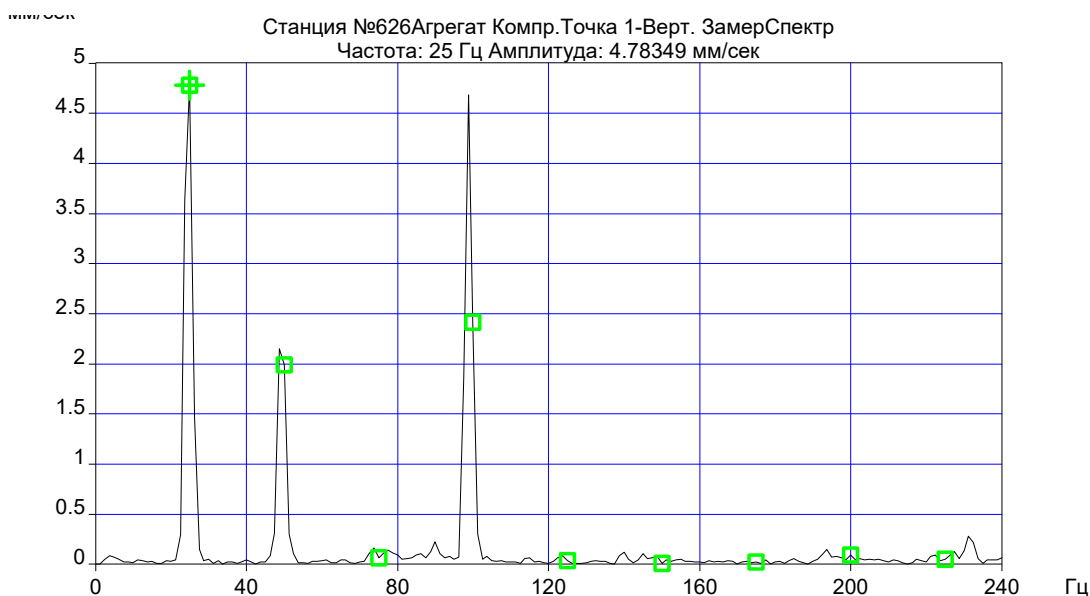


Рис. 2. Дисбаланс компрессора, расцентровка валопровода

На рисунках 1-2 представлены наиболее типичные картины развития дефектов оборудования бурового станка.

Рисунок 3 иллюстрирует сложный колебательный процесс, формирующийся на штанге вращателя. В нем присутствуют компоненты, обусловленные износом роторной шестерни.

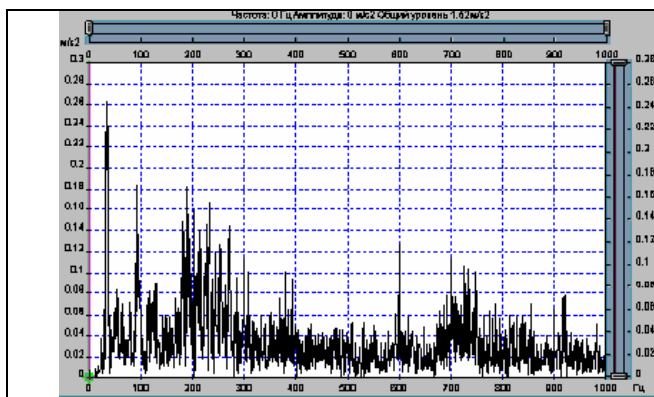


Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики абсолютных механических колебаний, зафиксированные на неподвижной части вращателя, максимально приближенных к буровому ставу

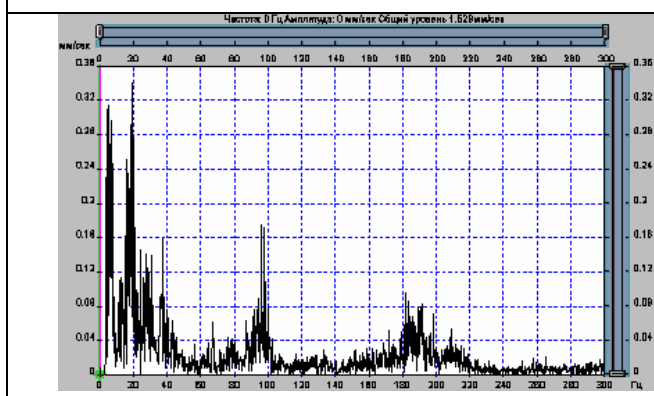


Рис. 4. Частота вращения вращателя – 20 об/мин, скорость подачи 0,5 м/мин, направление измерения – поперек оси станка

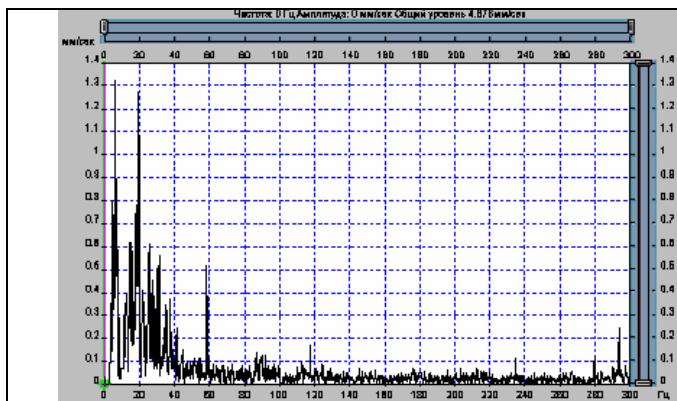


Рис. 5. Частота вращения вращателя – 80 об/мин, скорость подачи 1,6 м/мин, направление измерения – поперек оси станка

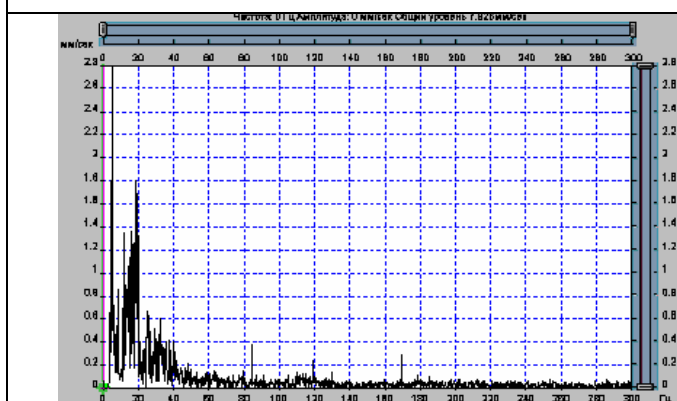


Рис. 6. Частота вращения вращателя – 120 об/мин, скорость подачи 2,1 м/мин, направление измерения – поперек оси станка

Рисунки 4-6 иллюстрируют динамику возрастания уровня виброскорости в частотном диапазоне 3-300 Гц при увеличении скорости вращения и подачи бурового става.

Кроме прочего, в рамках комплексных обследований производятся измерения на рабочем месте машиниста. Нормирование уровня вибрации определяется в соответствии с требованиями ГОСТ [3].

Зачастую уровни вибрации на рабочем месте в разы превышают допустимые нормы, причиной чего являются указанные дефекты оборудования бурового станка.

#### Литература

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97. № 116-93 (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588).
2. Герике Б.Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машин и агрегатов. Кемерово: КузГТУ, 1999.
3. ГОСТ 12.1.012. Вибрационная безопасность. Общие требования.

### СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Говоров Р.С., ООО «Восточная техника», г. Нерюнгри

В настоящее время Северные и Восточные районы страны являются наиболее перспективными для развития горнодобывающей промышленности. Республика Саха (Якутия) представляет собой мощный экономический регион с развитой инфраструктурой, обладающая крупными запасами полезных ископаемых. Наиболее эффективный способ добычи полезных ископаемых – открытый. Применение данного способа составляет около 42% от полного объема добычи угля в стране. Задачи промышленного освоения районов

холодного климата, в том числе задачи дальнейшего расширения в этих районах открытых способов ведения работ, определяют необходимость создания машин, приспособленных для надежной работы в различных климатических условиях. При низких показателях надежности все остальные высокие показатели качества машин (производительность, экономичность и др.) или не могут быть реализованы, или вообще не имеют смысла.

Актуальность проблемы обеспечения и повышения надежности горнотранспортных машин определяется увеличением их мощности и производительности, усложнением их конструкций и расширением климатических областей использования. Одним из направлений решения этой проблемы является внедрение оборудования, наиболее приспособленного для эксплуатации в условиях низких температур, улучшение их приспособленности к техническому обслуживанию и ремонту, а также совершенствование системы технического обслуживания.

Опыт отечественных предприятий и зарубежных фирм свидетельствуют о том, что только совместная проработка задач безотказности, ремонтпригодности и ремонтной технологичности при эксплуатации машин может обеспечить их успешное функционирование.

Анализируя современное техническое состояние транспортного комплекса, следует отметить необходимость расширения номенклатуры эксплуатируемого технологического оборудования, в первую очередь самосвалов большой грузоподъемности, карьерных экскаваторов, тяжелых грейдеров, гусеничных и колесных бульдозеров. Преобладающий на предприятиях поточный характер производства диктует необходимость решений комплекса задач, обеспечивающих повышение надежности и качества эксплуатации горных машин. Разработка конкретных организационно-технических мероприятий по повышению эффективности использования машин невозможна без оценки состояния техники, уровня надежности и влияния на нее природно-климатических факторов.

Для расширения парка горнотранспортного комплекса следует отметить возможность применения оборудования производства компании Caterpillar. Экскаваторы Caterpillar, от компактных до тяжелых гусеничных, отличаются прочной конструкцией, экономичными и надежными двигателями, эффективной гидравликой и широким ассортиментом рабочего навесного оборудования. Компания Caterpillar задает промышленные стандарты в производстве мощных, комфортабельных и универсальных машин, разработанных для более быстрого исполнения большего объема работ.

Специально для погрузки и разгрузки материалов фирмой Caterpillar разработаны различные безупречно оснащенные колесные и гусеничные экскаваторы с большим вылетом стрелы, высокой грузоподъемностью и коротким рабочим циклом.

### **Гусеничные тракторы**

Современные гусеничные тракторы Caterpillar представляют собой идеальное сочетание оснащенности и высокой производительности больших бульдозеров Caterpillar с маневренностью и многоплановостью машин с эксплуатационной массой до 100 тонн. Образцовый комфорт для водителя, прекрасная обзорность и легкость в обслуживании делают их пригодными для использования в широком спектре работ. Благодаря поднятой ведущей звездочки машины и подрессоренной ходовой машины имеют высокую производительность, экономичность и ремонтпригодность. Надежный и экономичный двигатель задает стандарт в индустрии. Конструкция основных агрегатов обеспечивает максимум удобства в обслуживании, снижаются производственные затраты и время простоя, все точки технического обслуживания легко доступны для оператора и логично сгруппированы, что позволяет облегчить ежедневный сервис машины.



## Колесные тракторы

Сочетают высокую мощность с мобильностью. Электрогидравлическая система в сочетании с системой комбинированного управления поворотами и передачами с регулированием по нагрузке и управлением коробкой передач значительно облегчают управление машиной. Блок управления для движения вперед и назад расположен на поворачиваемом и регулируемом по высоте руле. Просторная кабина с превосходной шумоизоляцией обеспечивает оптимальный круговой обзор. Колесные тракторы Caterpillar легки в техническом обслуживании: односекционный отсек двигателя обеспечивает оптимальный доступ к нему, а электронная система контроля ускоряет процесс выявления неисправностей.

## Экскаваторы O&K (Terex Mining)

- Высокопроизводительная техника с самой короткой продолжительностью рабочего цикла.
- Двухдвигательная силовая установка, позволяющая сохранять 60-и процентную работоспособность при отказе одного из двигателей.
- Семь моделей карьерных гидравлических экскаваторов от 100 до 1 000 т собственного веса.
- Долговечная и высокопроизводительная конструкция экскаваторов.
- Уникальные конструктивные решения для обеспечения высокой эффективности работы и бесперебойной эксплуатации в карьерных условиях.

В настоящее время 170 единиц техники производства компании CATERPILLAR успешно эксплуатируется на 5 горно-обогатительных комбинатах АК «АЛРОСА», в старательской артели «Золото Ыныкчана», 2 экскаватора «ТЕРЕКС» с объемом ковша 10 куб.м. – в ОАО ГРК «Алданзолото».

Анализ результатов эксплуатации показывает, что коэффициент технической готовности для оборудования производства CATERPILLAR составляет 0,92-0,95.

Официальным дилером компании CATERPILLAR на территории республики САХА (Якутия) является компания «Восточная техника».

Одним из существенных преимуществ компании «Восточная Техника» является развитая система технической поддержки и обеспечения расходными материалами и запасными частями для проданной и работающей в регионе техники Caterpillar.

Необходимо отметить проведение регулярных инспекций проданных машин техническими представителями ООО «Восточная техника», что позволяет ознакомиться с их текущим состоянием, условиями работы и технической эксплуатации, спрогнозировать планово-предупредительные работы. По результатам инспекций разрабатываются рекомендации по улучшению технического состояния оборудования. Для владельцев целого парка машин предлагается сервисная программа плановых ремонтных работ на длительный период. Следствием проводимой деятельности после продажи является повышение эффективности работы оборудования при снижении стоимости его обслуживания и ремонтов.

## Литература

1. Квагинидзе В.С. Управление качеством эксплуатации карьерного горно-транспортного оборудования в условиях Севера. Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2001.
2. Квагинидзе В.С. Эксплуатация карьерного горного и транспортного оборудования в условиях Севера. М.: Издательство Московского государственного Горного университета, 2002.

3. Квагинидзе В.С., Удодова Э.О. К вопросу повышения надежности электрооборудования горных машин в условиях низких температур // Научно-практическая конференция «Игошинские чтения». Иркутск, 2004.

УДК 622.278 (571.56-13)

### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ**

Гриб Н.Н., д.т.н., профессор, Вдовиченко В.И., Литвиненко А.В.,  
Технический институт (филиал) ЯГУ, г. Нерюнгри, [nss@neru.sakha.ru](mailto:nss@neru.sakha.ru)

Технический прогресс и связанная с ним энергетическая проблема выдвигают перед горной промышленностью новый подход к использованию углеводородного топлива.

Очевидно, что запасы угля для традиционной добычи (карьерный и шахтный) уменьшается, хотя имеются разведанные месторождения, которые экологически или экономически непригодны для добычи этими методами.

Одним из направлений решения этой проблемы является метод подземной газификации угля (ПГУ). В свое время в СССР и других странах разрабатывали этот метод. Были созданы экспериментально-промышленные установки для изучения процесса ПГУ и получения газа для промышленного применения. Данный способ ПГУ заключался в строительстве компрессорной воздухоподводящей установки, а также скруббера и трубопровода, затем бурились воздухоподводящие и газоотводящие скважины. После выгазовывания угольного пласта и остывания породы, производилось вскрытие исследуемого участка. Учитывая, еще то, что пласт находится на глубине 60 метров и более, то такой метод исследования является довольно длительным и дорогостоящим. Поэтому работы в этом направлении были свернуты.

В Техническом институте г. Нерюнгри были возобновлены работы по исследованию процессов ПГУ, путем моделирования процесса ПГУ, для чего была спроектирована лабораторная установка (рис. 1).



Рис. 1. Лабораторная установка моделирования процессов ПГУ

Установка для моделирования процесса ПГУ представляет собой металлическую конструкцию, футерованную изнутри огнеупорным кирпичом, в которой имеются дутьевые и газоотводящие трубки для моделирования дутьевых и газоотводящих скважин. В качестве дутья применяется воздух и кислород, а также их композиция в различных пропорциях. Воздух подается от компрессора через понижающие редукторы и расходомеры, и соответственно кислород от баллона. На выходе имеется скруббер (рис. 2).



Рис. 2. Скруббер

Для исследования температурного поля устанавливаются термопары (рис. 3), результаты показаний которых выводятся на регистрирующую аппаратуру (рис. 4).



Рис. 3. Термопара ТХА-0179



Рис. 4. Электронный регистратор REGIGRAF (Ф1771-АД) в процессе работы

Для исследования состава газа используется газоанализатор. Установка загружается углем, устанавливаются термопары (рис. 5), и герметизируется крышкой, а затем производится розжиг с помощью нагревательной спирали через подпитывающий трансформатор. Термодинамический процесс и соответственно выход (качество и количество) газа связан с подачей воздуха или кислорода (рис. 8).



Рис. 5. Модель подземного газогенератора в процессе разгрузки

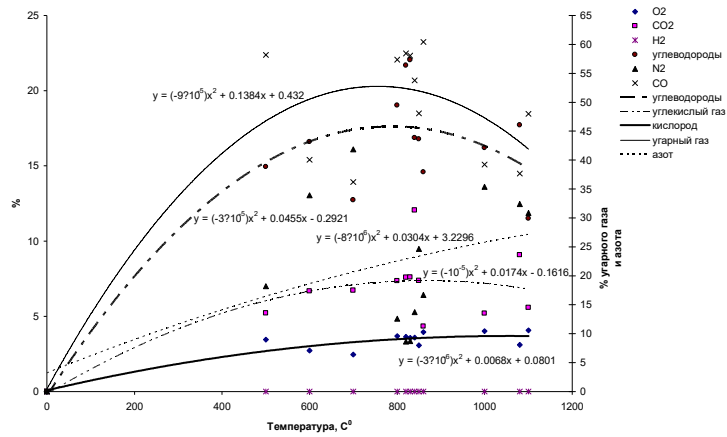


Рис. 6. Зависимость состава газа от температуры очага горения

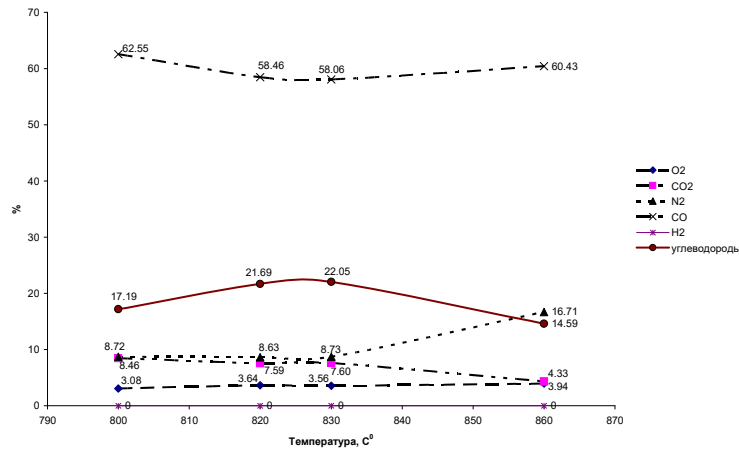


Рис. 7. Зависимость состава газа от температуры очага горения в интервале температур 800-860°C

Как видно из рисунка 6 интервал температур 0-500°C является неустановившимся. В интервале 500-900°C процесс ПГУ является установившимся и характеризует оптимальный состав газа подземной газификации угля. В интервале температур 900-1100°C наблюдается резкое снижение горючих компонентов, что связано со сгоранием полученного газа вследствие высоких температур.

Для определения температуры, при которой происходит образование оптимального состава газа, более подробно рассмотрим интервал температур 800-860°C представленный на рис. 8. Кроме того, рассмотрим изменение теплотворной способности в интервале температур 800-840°C на рис. 9.

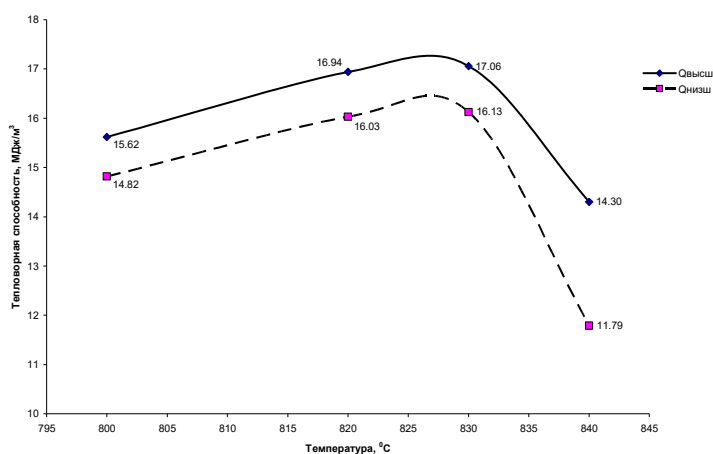


Рис. 8. Зависимости высшей и низшей теплотворной способности от температуры очага горения в интервале температур 800-8400С

Как видно из рисунков 8 и 9 оптимальная температура процессов подземной газификации для углей марки КЖ находится в пределах 800-840<sup>0</sup>С. Сравнительный анализ полученного газа и по литературным данным представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Составы технологического газа по литературным источникам и полученные в процессе экспериментальных исследований**

Компонент	Южно-Абинская станция «Подземгаз»	Газ, полученный в процессе исследований
Кислород, %	0,2-0,25	3,6-3,65
Водород, %	12,1-16,2	0
Углеводороды, %	2,1-4,7	21,7-22,1
Угарный газ, %	10-14	58,1-58,5
Углекислый газ, %	12,0-15,3	7,6-7,65
Азот, %	55,0-60,0	8,6-8,7
Теплотворная способность, ккал/м <sup>3</sup>	1070	4100

Как видно из таблицы 1 полученный в ходе лабораторных исследований процессов подземной газификации газ пригоден для использования в качестве первичного энергоносителя.

Кроме того, в процессе экспериментальных работ было определено, что при установившихся процессах подземной газификации угля воздушное дутье предпочтительнее кислородного, так как теплотворная способность полученного газа при воздушном дутье выше и стабильнее, чем при кислородном дутье, что отражено на рис. 9.

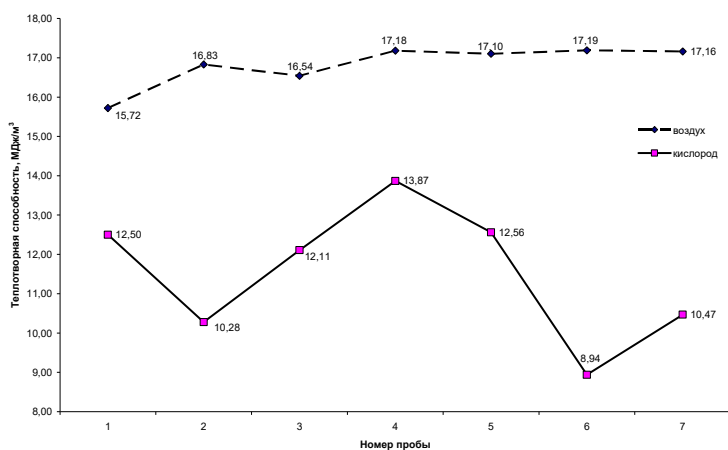


Рис. 9. Зависимость теплотворной способности от вида дутья при установившемся процессе газификации

В процессе лабораторных исследований выполнена оценка углей марки К. Установлено, что угли марки К не окисленные (Алдано-Чульманский угленосный район) плохо поддаются газификации из-за того, что при температурном воздействии спекаются и текут, что влечет за собой закупорку каналов, по которым поступает дутьевой агент и отводится полученный технологический газ (рис. 10).

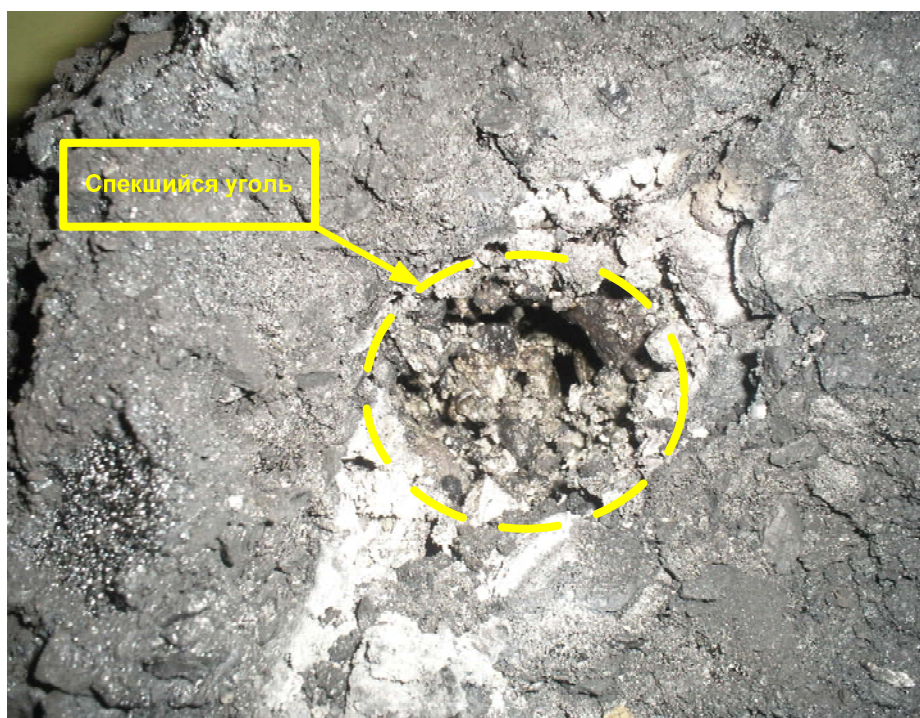


Рис. 10. Образец спекшегося угля, полученного в процессе газификации

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Григорьев В.П., с.н.с., Институт региональной экономики АН РС (Я),  
г. Якутск, grigvp@rambler.ru.

В начале XXI века проблема освоения железорудных ресурсов региона вступила на качественно новый этап, отличающийся:

- началом развития рыночных отношений в силу, чего проекты освоения месторождений становятся коммерческими;
- усиливающейся монополизацией черной металлургии страны;
- межрегиональной интеграции и регионализации экономики и отраслей промышленности;
- глобализацией мировой экономики и вступлением России в ВТО;
- усиливающейся жесткой конкуренцией на российском и мировом рынках черных металлов и железорудного сырья (ЖРС) в условиях активной и агрессивной экспансионистской политикой Китая по отношению к мировой черной металлургии, которая может в перспективе привести к разбалансированию отрасли в мировом масштабе;
- включением проектов освоения Таежного и Десовского железорудных месторождений в перечень стратегических инвестиционных проектов в Схеме комплексного развития производительных сил, энергетики и транспорта Республики Саха (Якутия) до 2020 года.

Все это требует пересмотра и переоценки ранее сложившихся стереотипов решаемой проблемы.

Вопросы освоения железорудных ресурсов региона прежде наряду с угольными месторождениями связывались исключительно с созданием в Южной Якутии крупномасштабной черной металлургии по классической коксодоменной технологии выплавки металла. Однако в связи с намечаемыми изменениями в ближайшей перспективе структуры топливно-энергетического баланса в регионе, обусловленного приходом в район природного газа и избытком электроэнергии вследствие реализации проекта строительства каскада гидроэлектростанций в Южной Якутии, требуется рассмотрение вопроса использования ЖРС в альтернативных технологиях производства металла. Металлурги давно занимаются поиском новых технологий производства металла, способных заменить консервативную коксодоменную технологию выплавки металла.

Эффективность освоения железорудных месторождений в значительной мере определяется масштабами вновь создаваемого горнорудного предприятия, объема добычи железной руды, которая, в свою очередь, зависит от потребности в ЖРС. В связи с этим отметим, что на базе месторождений Южно-алданского железорудного района невозможно создание крупномасштабной черной металлургии, поскольку освоение даже двух самых крупных месторождений района – Таежного и Десовского позволяет производить только 5 млн т железорудного концентрата, из которого можно получить лишь 2,5-2,6 млн т стали. Между тем, отечественная и зарубежная практика давно доказала, что коксодоменное производство эффективно лишь при крупномасштабном металлургическом производстве от 3 и более млн т чугуна в год.

Экономический эффект от освоения железорудных ресурсов и создания на их базе горно-металлургического комплекса (ГМК) значительно дополнится за счет социального эффекта, который проявится в результате обеспечения работой жителей г. Нерюнгри,



высвобождающихся в связи с затуханием добычи угля на карьере «Нерюнгринский» и вторых членов семей работников ХК ОАО «Якутуголь». Такой социально-экономический эффект следует считать чрезвычайно важным и реальным. Поэтому при решении вопроса освоения железорудных ресурсов региона и создания на их базе ГМК должен учитываться такой начальный – стартовый народнохозяйственный «задел» при проведении аукциона на право первоочередного освоения между железорудными месторождениями Южной Якутии, Дальнего Востока и Забайкалья. Поскольку переселение десятков тысяч человек потребует огромных затрат, а превращать г. Нерюнгри только в поселок вахтовиков для рабочих, участвующих в освоении урановых и апатитовых месторождений и строительства ГЭС нерационально и неэффективно.

Эффективность освоения железорудных ресурсов Южной Якутии зависит в большой мере от цели освоения и путей использования ЖРС. Решающую роль здесь будет играть будущий недропользователь-инвестор. В настоящее время на востоке страны из крупных холдинговых компаний страны, контролирующей черную металлургию России действуют «Евразхолдинг», выигравший в борьбе с «Мечелом». «Коршуновский ГОК» и «Мечел», в свою очередь, опередившие «Евразхолдинг» на конкурсе за угольные акции в Южной Якутии так, что возможно в ближайшее время между ними развернется спор за «свободные» железорудные ресурсы Южной Якутии.

К ним с 2006г. прибавляется ООО «Восточно-Сибирская горнорудная компания» (ВСГК), которая намерена принять активное участие в аукционе и в случае приобретения прав на разработку железорудных месторождений (Таежное и Десовское), планирует инвестировать более 1,5 млрд долл. на строительство горно-обогатительных комбинатов и металлургического производства, размещаемого в Южной Якутии. В последующем ВСГК планирует участвовать в аукционах по группе месторождений Чаро-Токкинского железорудного района. В целом компания планирует на базе топливно-сырьевых ресурсов Южной Якутии самостоятельно создать металлургический комбинат полного цикла мощностью 10 млн т проката в год.

Ограничивающим и сдерживающим фактором освоения железорудных ресурсов Южной Якутии является на данный момент отсутствие недровладельца, инвестиций и конкретного потребителя. От этих факторов зависит эффективность освоения и использования железорудных ресурсов Южной Якутии.

По части использования ЖРС в экспортных целях, то здесь в регионе отсутствует конкуренция со стороны других железорудных районов Дальнего Востока, поскольку импортные возможности Китая здесь неограниченны. Однако ориентировать ЖРС южноалданских предприятий полностью на экспортный вариант освоения стратегически опасно, поскольку регион в этом случае остается без железорудной базы (без учета Чаро-Токкинского железорудного района) значит и базы черной металлургии на востоке страны. А получивший качественное ЖРС Китай, в ближайшей перспективе начнет заваливать весь мир и, в том числе наш Дальний Восток дешевой металлопродукцией.

Освоение железорудных ресурсов и создание на их базе новых металлургических мощностей отрасли на востоке страны обусловлено:

1. Потребностью отдельных холдинговых компаний черной металлургии в железорудном сырье путем создания для этого надежной и стабильной железорудной базы.
2. Необходимостью обновления основных фондов путем вывода из производства устаревших доменных и мартеновских печей. Поскольку износ основных фондов в отрасли достиг критического уровня почти 70%.
3. Совершенствованием территориального размещения предприятий отрасли в целях ликвидации или снижения сложившейся диспропорции между рудно-сырьевой базой и

металлургическим производством, что обеспечит рациональный баланс железорудной базы, т.е. ее оптимизацию.

4. Географическим и геополитическим положением региона при благоприятной для организации экспортно-ориентированного производства.

При освоении железорудных месторождений Южной Якутии имеется два основных направления. Первый со значительным участием государства в целях укрепления:

- социально-экономического положения региона;
- минерально-сырьевой независимости России;
- экономического и промышленного потенциала региона в геополитическом аспекте;
- интеграционных процессов России со странами АТР в связи с вступлением ее в

ВТО.

Второе направление связывается с реализацией корпоративных интересов металлургических компаний-монополистов. Однако реализация проекта освоения даже одного железорудного месторождения самостоятельно для каждого из вышеперечисленных направлений в силу объективных факторов как дефицит инвестиций является трудно решаемой задачей.

Вопросы освоения железорудных месторождений следует рассматривать в связи с освоением дальневосточных месторождений железной руды. В результате проведенного в 2004г. аукциона за право разработки Кимканского и Сутарского железорудных месторождений недропользователем стала компания «Рубикон», созданная компанией «Покровский рудник», которую контролирует английская компания. В целях ускорения поставок железорудных концентратов в Китай компания «Рубикон» разработала проект и стала организатором строительства железнодорожного моста через р. Амур (в районе села Нижнеленинское и острова Хаюйдао КНР). Проектирование и строительство железнодорожного перехода будет осуществляться за счет инвестиции заинтересованных предприятий и организаций. Гаринское железорудное месторождение также на прошедшем в декабре 2006г. аукционе приобрело своего «хозяина».

Освоение железорудных ресурсов Южной Якутии и создание здесь базы черной металлургии будет взаимовыгодным для самой отрасли и транспортников, поскольку черная металлургия является одним из грузообразующих отраслей промышленности. На ее долю приходится около 20% грузов и 25% в общих доходах железных дорог за перевозки. Для компании «Железные дороги Якутии» грузы черной металлургии наряду с углем будут основными. Одним из преимуществ, вновь осваиваемых железорудных месторождений Южной Якутии является вахтовый метод разработки месторождений. При этом исключается градообразующий фактор предприятия, типичный и характерный для всех действующих горнорудных предприятий страны, что, безусловно, повышает инвестиционную привлекательность проекта.

Проекты по освоению железорудных месторождений Южной Якутии становятся коммерческими, в связи с этим возникают вопросы по определению рыночной стоимости ЖРС на вновь создаваемых железорудных предприятиях. Эффективность освоения и использования ЖРС в полной мере определяется через цену конечной продукции – металла, выплавленного из этого сырья.

Таким образом, минимальная транспортная составляющая в затратах на производство металла на южно-якутском заводе будет частично компенсировать удаленность производителя-поставщика металла от ее потребителей.

В освоении железорудных ресурсов заинтересованы крупные вертикально интегрированные структуры как холдинговые компании «Евразхолдинг», «Мечел» и ОАО «ММК», которые в последние годы стали делать ставки на добывающий сегмент. Так,

например, стальная группа «Мечел» приобрела акции ХК «Якутуголь», а до этого «Евразхолдинг» в борьбе с тем же «Мечелом» приобрел ГОК «Коршуновский» при этом менеджмент холдингов утверждает, что горнодобывающее направление будет для них приоритетным. Это не случайно, поскольку в силу благоприятной рыночной конъюнктуры половину прибыли компаний по-прежнему приносит горнорудный бизнес. Так, не исключено, что в зависимости от конъюнктуры и конкуренции на топливно-сырьевом рынке в ближайшее время вышеназванные компании вступят в борьбу за железорудные ресурсы Южной Якутии. Здесь на данный момент определяющее преимущество будет иметь «Мечел», сделавший стратегический «задел», придя в Южную Якутию первым. Однако здесь следует учитывать, что в ближайшие годы «Мечел» за счет расширения мощности «Коршуновского ГОКа» может полностью уйти с рынка железорудного сырья, и она на 100% обеспечена собственным коксующимся углем. Поэтому железорудные ресурсы Дальнего Востока эту компанию будут, в первую очередь, интересовать только как экспортное сырье.

Сегодня в металлургической и добывающей отрасли наметилась мировая тенденция к укрупнению компании. Происходит много сделок по поглощению и слиянию. Кроме того, черная металлургия – экспортно-ориентированная отрасль. Поэтому при создании новых предприятий отрасли на Дальнем Востоке следует иметь ввиду возможность участия их в проекте создания Евразийской горно-металлургической компании, объединяющей предприятия черной металлургии России, Украины и Казахстана, которая, обеспечивая добычу до 100 млн т руды в год войдет в число ведущих мировых производителей ЖРС.

Кроме ограничений по масштабам производства, ограничивающими факторами создания металлургического производства по коксо доменной технологии являются финансовый и экономический, поскольку альтернативные технологии производства металла не нуждаются в дорогом, дефицитном и высоколиквидном коксующемся угле, а главное здесь экологический фактор. Новые технологии намного экологичнее, т.е. меньше наносят ущерба окружающей среде и, соответственно, значительно сокращаются средства на ее защиту.

Таким образом, учитывая значительную экономию по материальным и энергетическим затратам, бескоксовой металлургии, обеспечивающие снижение производственных издержек до 30-40%, можно утверждать, что вновь производимое железорудное сырье и металлопродукция будут конкурентоспособны на внутреннем и внешнем рынках. Эти факторы в совокупности, по нашему мнению, должны «перевесить» вариант строительства металлургического комбината по коксо доменной технологии.

Кроме того, мини-металлургия, благодаря модульной схеме производства, гибкая по срокам строительства, технологии производства и вводу мощностей, а самое главное, для нее потребуется значительно меньше инвестиций и водных ресурсов. Исходя из вышесказанного, необходимо отметить, что все затраты на исследование и создание технологии переработки железной руды для бескоксовой технологии получения стали, какими бы они не были большими, будут малозначительными по сравнению с приведенными преимуществами бескоксовой металлургии.

Не менее важным фактором является реальная возможность на базе существующих в районе угольного, золотодобывающего, топливно-энергетического и транспортного комплексов и вновь создаваемых горно-химического, урано-перерабатывающего и горно-металлургического формирования крупного многопрофильного и многоцелевого кластера, конкурентоспособного не только на общероссийском уровне, но и в мировом масштабе. Проект освоения железорудных месторождений Южной Якутии следует рассматривать как приоритетный и стратегически важный не только для Дальнего Востока.

Таким образом, в целях повышения эффективности освоения и использования железорудных ресурсов Южной Якутии необходимо:

1. Возобновить исследования по обогащению и переработке комплексных скарново-магнетитовых руд Таежного месторождения по инновационным технологиям.
2. Начать исследование по металлизации магнетитовых руд района.
3. Провести промышленные испытания ЖРС по различным технологиям получения металла.
4. Расширить и углубить маркетинговые исследования по конкурентоспособности ЖРС района.
5. Выполнить НИР по выбору и определению эффективных организационно-правовых форм вновь создаваемых горнорудных и металлургических предприятий.
6. Активизировать работы по привлечению инвестиций в целях многоканального инвестирования, в первую очередь, как симбиоза частно-государственного капитала.
7. Провести исследования по перспективам создания в районе горно-металлургического кластера с учетом перерастания его в перспективе в многоцелевой и многопрофильный кластер межрегионального значения и международного масштаба.

## **НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ УРАНОВЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Григорьев В.П., с.н.с., Институт региональной экономики АН РС (Я),  
г. Якутск, grigvp@rambler.ru.

Строительство на юге республики предприятия по добыче урана станет одним из инвестиционных проектов развития Южной Якутии. К 2015 году планируется строительство крупнейшего в России Эльконского горно-металлургического комбината по добыче и обогащению 5000 тонн урана в год. Комбинат призван решить стратегическую задачу обеспечения российским сырьем запланированное интенсивное развитие отечественной атомной промышленности. Инвестором этого проекта выступает компания «Техснабэкспорт», сумма инвестиций составит не менее 80 млрд. руб.

Уран является одним из редких и стратегически важных ресурсов в мире. Мировые запасы урана составляют 3 млн. т. Согласно «Красной книге по урану», выпущенной ОЭСР, в 2005г. добыто 41250 тонн урана (в 2003г. — 35492 тонны). Согласно данным ОЭСР, в мире функционирует 440 реакторов коммерческого назначения, которые потребляют в год 67 тыс. тонн урана [1]. Это означает, что его производство обеспечивает лишь 60 % объёма его потребления (остальное извлекается из старых ядерных боеголовок). Добыча по странам в тоннах по содержанию U на 2005г.

Страна	2005 год
Канада	11410
Австралия	9044
Казахстан	4020
Россия	3570
США	1249
Украина	920
Китай	920

В России государственным балансом, учтены запасы 54 урановых месторождения. Из них только на 16 месторождениях запасы урана отнесены к балансовым с общей оценкой в 180 тыс. т. [2]. Таким образом, если исходить из утвержденных балансовых запасов, то их количество может обеспечить только одну треть потребности России в уране в течение 15-20 лет. По мнению других специалистов лет через восемь в России не будет хватать своего урана и его придется покупать.

Урановое сырье, относящееся к стратегическим видам полезных ископаемых, приобретает важнейшее экономическое значение и в плане обеспечения планируемого интенсивного развития атомной энергетики страны.

Программа развития ядерной энергетики в России, предусматривающая увеличение доли ядерной генерации, потребует увеличения производства урана. По данным Федерального агентства по недропользованию к 2020 году планируется увеличить производство урана более чем в 6 раз. Если не сделать этого, то в ближайшее время ситуация с ураном может стать критической. С 1991 года до 2003-го государственные средства в геологоразведку практически не вкладывались. После распада СССР в России осталось не более 20 процентов урановых запасов бывшего Союза. Сегодня сырьевой потенциал урана России составляет 615 тыс. тонн. При потребности в 2005 году в 16 тыс. тонн, собственное производство природного урана составило 3,2 тыс. тонн. Потребности российской атомной отрасли в уране пока обеспечиваются за счет складских запасов, которые при сохранении существующего соотношения добычи и потребления урана закончатся к 2015 году.

Необходимо отметить специфику современного уранового рынка. Атомная энергетика мира продолжает активно развиваться и потребление урана на энергетические нужды постоянно растет. Однако, в настоящее время, эта потребность в существенной части покрывается за счет складских ресурсов, ранее накопленных преимущественно в военных целях. Дефицит мирового производства урана (добычи из недр) возрастает год от года и в 2002г. достиг 43 %.

В настоящее время российский монопольный производитель ядерного топлива для энергетических, исследовательских, транспортных и промышленных реакторов ОАО «ТВЭЛ» третий игрок на мировом рынке ядерного топлива на строящемся АЭС в Китае и Индии. «ТВЭЛ» начало осваивать Хиагданское и Дагматовское месторождения урана, создает СП по добыче урана в Казахстане [3].

Производство урансодержащего сырья в России, в настоящее время, определяется потребностью в нем атомной энергетики страны. Энергетическая стратегия России предусматривает рост выработки электроэнергии на АЭС к 2020г. в 2,1 раза. Запланированный рост мощностей АЭС потребует соответствующего расхода природного урана, в то время как современный уровень его добычи не покрывает даже текущие внутренние потребности. При этом Россия заинтересована в сохранении экспорта урансодержащей продукции, в первую очередь для АЭС, построенных по российским (советским) проектам в странах СНГ и Восточной Европы, что предусмотрено долгосрочными соглашениями. Объем этого экспорта даже несколько превосходит внутреннее потребление.

В России при ежегодной добыче урана в 3,2 тыс. т. потребность составляет около 10 тыс. т. (с учетом собственного потребления и экспортных поставок). Примерно 800-900 т урана в год Россия импортирует из Украины, остальное покрывается из складских запасов. Однако к 2020г. без пополнения сверхнормативные складские запасы будут израсходованы. Поэтому Минатом России рассчитывает к 2020г. увеличить добычу до 5-6 тыс. т в год за счет новых месторождений и сколько же импортировать [4]. По оценке специалистов запасов урана на месторождении в районе Приаргунского горно-химического объединения (ПГЖО)

хватит на 15-20 лет, однако наращивать там выработку свыше 3 тыс. т в год экономически невыгодно.

В настоящее время, дефицит производства относительно потребления и экспорта покрывается за счет складских резервов. Однако Россия заинтересована в сокращении темпов расходования складских запасов и увеличении собственного производства урана. Как показывают расчеты, освоенные и осваиваемые месторождения урана неспособны восполнить дефицит его производства с учетом намеченного роста потребления. Одним из перспективных и реальных направлений в укреплении сырьевой базы урановой промышленности, является ревизия той части минерально-сырьевой базы урана России, которая, в настоящее время, рассматривается как забалансовые запасы. Количество таких запасов превышает количество балансовых более чем вдвое. Следует отметить, что дефицит производства урана относительно его потребления характерен и для мира в целом, а это предполагает неизбежный резкий рост цен на уран, как только мировой рынок ощутит истощение складских запасов. Для выделения таких запасов и подготовки к лицензированию новых объектов необходимо выполнить дополнительные исследования включая геологическое доизучение, апробацию новых технологий, составления ТЭО – кондиции и др. [5].

К числу таких регионов относится Южная Якутия, здесь имеются значительные запасы урана. Запасы урана в Алданском районе оцениваются до 350 тыс. т. Уран здесь представлен сложнообогатимым и трудноизвлекаемым минералом браннеритом пригодного для автоклавной технологии. В результате проведенных геологоразведочных работ в районе было пройдено более 20 погонных километров горных выработок, накопились огромные горы отвалов более 1 млн. т. уранового браннерита, которые, окисляясь отравляют окружающую среду. Поэтому такие участки следует отнести и объектам первоочередной отработки поскольку при этом одновременно решается экологическая проблема.

Месторождения Эльконского района пригодны исключительно для подземной добычи. Разведанные здесь запасы урана категорий  $C_1+C_2$  превышают все учтенные балансовые запасы почти вдвое, в то время как среднее содержание в рудах ниже содержания в остаточных запасах Стрельцовского района лишь на 18 %. При этом могут быть выделены месторождения и крупные участки повышенной продуктивности, с более высоким качеством руд, которые можно рассматривать как базу для создания пионерных предприятий.

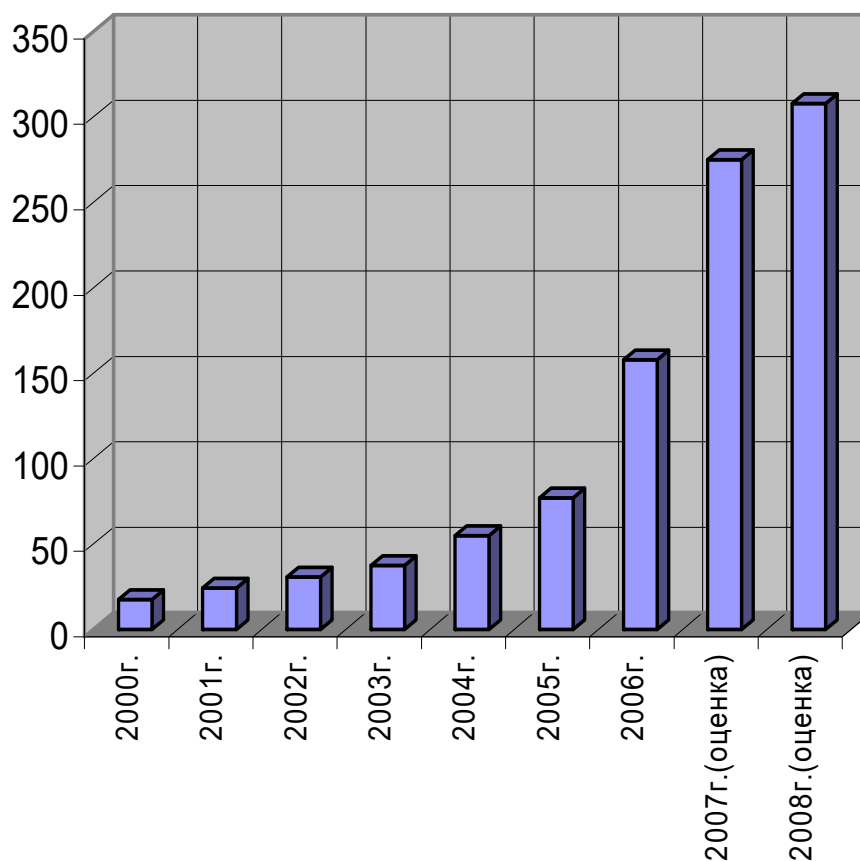
Наличие на территории республики Саха (Якутия) одновременно дефицитного, ценного и «опасного» уранового ресурса порождает ряд проблемных вопросов, как для республики, так и для владельца недр – России, каждый из них в данном вопросе имеет свои интересы. Однако главным здесь является снижение минерально-сырьевой и энергетической зависимости Российской Федерации.

Вовлечение в эксплуатацию месторождений района и использование отвалов могли бы в значительной мере, содействовать решению проблемы обеспечения природным ураном атомной энергетики России после 2010 г. Эксперты утверждают, что если к моменту исчерпания разведанных месторождений (через 15-20 лет) в России не будут развернуты новые мощности по добычи урана, обеспечивающие возрастающие внутренние потребности, страна может оказаться перед необходимостью импорта этого энергоносителя; причем в условиях сохраняющегося дефицита мирового производства и возрастающих цен на эту продукцию.

Если в 2000 г. за фунт уранового концентрата давали 8 долларов, то в последние годы произошел резкий рост цен на мировом рынке урана. За последние два года цены на уран выросли в 4 раза и продолжают расти. В феврале 2007г. она достигла рекордного уровня 85

долл. за фунт. Специалисты ожидают выход цены фунта урана на уровень 125 долларов в нынешнем году и 140 долларов в 2008г. или 275 долл./кг и 308 долл./кг соответственно [6].

### Изменение цены на урановый концентрат, долл./кг



Такое повышение цены вызвано ажиотажным спросом на уран со стороны энергетиков. Согласно данным Всемирного банка в ближайшее время в мире будут построены 251 новый ядерный реактор для АЭС. Каждый реактор требует при запуске 600 тонн уранового концентрата, а затем по 200 тонн ежегодно. Отсюда видно, что принятая в расчетах по созданию Эльконского ГМК цена на уран 83 долл./кг являются явно заниженными. И справедливо Президент республики Вячеслав Штыров высказал ряд резких замечаний по инвестиционному проекту «Техснабэкспорта» [7].

Если доля России в мировых запасах урана составляет 4,9%, то объем производства достигает 8%. С вводом в 2013 году Эльконского ГМК уровень производства урана России увеличится до 18%, т.е. перейдет с 7-го места на третье место, а ОАО «Техснабэкспорт» станет третьей компанией в мире по производству урановых концентратов.

Таким образом, освоение урановых ресурсов Якутии позволит создать новую бюджетобразующую промышленность, а главное укрепит минерально-сырьевую базу страны по этому стратегически важному сырью, что повысит минерально-сырьевую и экономическую безопасность, а в конечном счете, национальную безопасность России.

## Литература

1. Uranium 2005/ Resources, Production and Demand / OECD Nuclear Energy Agency, International Atomic Energy Agency. Paris, 2006.
2. Шумилин М.В. Некоторые проблемы учета реального состояния запасов урана России // Экономика и управление. Март 2003г.
3. Няго А. Конкуренция в России у нас нет и не будет // Промышленные инвестиции. №9(17). 2003. С.7-9.
4. Урановая кооперация. Газ: Природно-ресурсные ведомости. №1-2, январь 2004г. С. 3.
5. Печенкин И.Г. Атомное сырье - вчера, сегодня, завтра. Экспресс – информация. Геологическое изучение недр и водопользования. №1-2. 2003. С. 34-35.
6. На мировом рынке отмечается резкий скачок цен на уран // ИТАР-ТАСС. 9 апреля 2007г.
7. Манздяк Р. Корпорация развития» началась с «позорища». Республиканский общественно-политический еженедельник «Наше время». №15. 20.04.2007г.

УДК 553.24; 552,4

### **МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ, МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ИЗ ОКИСЛЕННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИЖНЕЯКОКИТСКОГО ПОЛЯ (АЛДАНСКИЙ ЦИТ)**

Дворник Г.П., к.г.-м.н., доцент, Уральский государственный горный университет,  
г. Екатеринбург, gprmpi.dep@usmga.ru  
Кискин В.А., артель старателей «Селигдар», г. Алдан

Нижнеякобитское рудное поле, расположенное в Южно-Якутском районе, включает 5 месторождений (Надежда, Верхнее, Смежное, Хвойное, Трассовое) и 4 проявления (Еннье, Табардыр, Склон, Кэдерги) рудного золота, перспективных для освоения методами кучного выщелачивания. На площади рудного поля в период с 1986 по 2005г.г. были выполнены поисковые, оценочные и разведочные работы с проходкой горных выработок и буровых скважин [1, 4-6]. В структурном отношении месторождения и рудопроявления приурочены к контактовой зоне горизонтально залегающих доломитов унгелинской свиты нижнего кембрия с юрскими песчаниками юхтинской свиты. Магматические образования района представлены тремя формациями мезозойских пород: монзонит-сиенитовой, щелочнопикритовой и щелочногранитовой. По своей геолого-структурной позиции, вещественному составу руд и околорудных метасоматитов месторождения и рудопроявления Нижнеякобитского рудного поля относятся к куранахскому подтипу месторождений золотоджаспероидного геологопромышленного типа [2, 3]. В неогене на месторождениях сформировались золотоносные площадные и линейные коры выветривания мощностью от первых метров до 80 метров. Окисленные руды представлены глинисто-песчано-щебнистым агрегатом сложного лимонит-каолинит-галлуазит-карбонат-калишпат-кварцевого состава с обломками исходных пород (доломитов, песчаников, метасоматитов гумбеитовой и джаспероидной формаций). Основным полезным компонентом в рудах является золото, попутным компонентом – серебро. Лабораторные технологические испытания окисленных руд месторождений Надежда и Смежное, проведенные ОАО «Иргиредмет», показали, что извлечение золота в раствор методом кучного выщелачивания с применением технологии угольной сорбции по разным классам крупности руд составило от 63,6% до 92,6%, по фабричной технологии – 84,5- 92,9%.



В 2005-2006г.г. нами было проведено исследование минерального состава 41 пробы окисленных руд месторождений Надежда, Смежное и Верхнее, отобранных геологом артели старателей «Селигдар» Речкаловым М.М. по пройденным в коре выветривания линиям буровых скважин в интервале глубин от 2 до 62 м. Минеральный состав легкой и тяжелой фракций проб, взятых из кондиционных руд месторождений, приведен в таблицах 1, 2. В пробах выделены по данным минералогического анализа две генерации кварца: ранний халцедоновидный тонкозернистый кварц, типичный для метасоматитов кислотной стадии, и поздний более крупнозернистый «рисовидный» кварц, характерный для рудных джаспероидов поздней щелочной стадии.

Полевые шпаты в пробах представлены по данным рентгено-фазового анализа ортоклазом и микроклином. Среди глинистых минералов группы каолинита определены две разновидности – каолинит и галлуазит. Среди карбонатов в пробах преобладает по данным рентгено-фазового анализа доломит, встречается также новообразованный гидротермальный кальцит.

Таблица 1

**Минеральный состав (в%) легкой фракции проб из окисленных руд  
Нижнеякоkitского поля**

Пробы	Карбонат	Кварц	Калиевый полевой шпат	Мусковит	Гидрослюда	Глинистые минералы
1	зн.	41,0	13,0		2,4	43,6
2	р. зн.	69,9	23,6			6,5
3	ед. зн.	32,5	4,8	ед. зн.		62,7
4	0,1	30,8	18,1			51,0
5	100	зн.	р. зн.			
6	0,9	72,2	6,6	ед. зн.	0,8	10,5
7		100	ед. зн.			
8	4,2	22,3	71,4			2,1
9	4,7	14,3	76,8		2,6	1,6
10	10,2	13,5	74,0	ед. зн.		2,3
11	р. зн.	14,1	81,9		1,7	2,3
12	0,9	38,0	60,3			0,8
13	83,9	6,5	9,6	ед. зн.		
14	97,7	2,3				

Примечание. Здесь и в табл. 2. 1-5 – месторождение Надежда: 1 – Н-157-22-38; 2 – Н-141-6-62; 3 – Н-141-8-39; 4 – Н-150-2-26; 5 – Н-138-20-9; 6-10 – Смежное месторождение: 6 – С-23320/10; 7 – С-4874к/12; 8 – С-23221/11; 9 – С-2333/6; 10 – С-23032/29; 11-14 – Верхнее месторождение: 11 – В-3704к/15; 12 – В-413766к/19; 13 – В-3664к/47; 14 – В-561213/6.

Таблица 2

**Минеральный состав (г/м<sup>3</sup>) тяжелой фракции проб из окисленных руд Нижнеякокитского поля**

Минералы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Золото	146 зн.	16 зн.	1 зн.		76 зн.	144 зн.					5 зн.			
Циркон	30	28	79	17.	ед. зн.	13	2	ед. зн.	зн.	зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.
Гематит	р. зн.	ед. зн.	р. зн.	ед. зн.				ед. зн.						
Магнетит	зн.	р. зн.	зн.	р. зн.	зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	61	2
Хромшпинелид	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.		ед. зн.				ед. зн.		ед. зн.		ед. зн.
Гранат	ед. зн.				ед. зн.	3			р. зн.			ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.
Ильменит		ед. зн.		ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.			ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	р. зн.	р. зн.
Рутил	9	4	9	4	ед. зн.	3	1,5	р. зн.	ед. зн.	р. зн.	ед. зн.	р. зн.	р. зн.	ед. зн.
Пирит		ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	
Анатаз	0,7	ед. зн.	р. зн.	ед. зн.		3	0,4	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	р. зн.	0,2
Турмалин	р. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.										
Эпидот		ед. зн.					ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.		ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	
Пироксен		ед. зн.	ед. зн.				зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.
Гидроксиды железа, псевдомарфозы лимонита по пириту	51075	12190	20442	87210	11	10070	285606	2875	1868	12487	3932	4063	685	0,2
Гидроксиды марганца	189	р. зн.	зн.	1403	ед. зн.	ед. зн.		ед. зн.			ед. зн.	ед. зн.	р. зн.	
Амфибол	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.		ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	р. зн.	р. зн.
Сфен						ед. зн.					ед. зн.			
Лейкоксен	25	3	27	6		ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.			ед. зн.	
Апатит	ед. зн.	1	ед. зн.	р. зн.	ед. зн.	0,4		р. зн.	ед. зн.	ед. зн.		ед. зн.	ед. зн.	
Барит	ед. зн.								зн.					
Флюорит	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.		ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	р. зн.	0,2
Биотит					ед. зн.			ед. зн.					ед. зн.	
Хлорит	ед. зн.								ед. зн.				ед. зн.	
Рисовидный кварц	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.				ед. зн.	зн.	.	2769	605	ед. зн.	ед. зн.
Выход минералов тяжелой фракции, %	2,8	0,4	1,5	4,8	0,3	1,2	1,3	1,0	0,5	1,7	0,04	0,09	0,1	0,01

**Минеральный состав (мас. %) самородного золота из окисленных руд  
Нижнеякоитского (1-12) и Куранахского (13-30) полей**

№ п\п	№ обр	Au	Ag	Cu	Hg	Pt	Pd
1	H-157	95,42	4,55				
2	H-157/1	90,32	9,68				
3	H-157/2	90,24	9,76				
4	H-157/3	96,62	3,28	0,10			
5	H-157/4	96,52	3,36		0,12		
6	H-157/5	95,61	3,80		0,38	0,21	
7	H-157/6	97,97	1,83		0,20		
8	H-157/7	98,93	1,00				0,07
9	H-157/8	96,99	3,01				
10	H-157/9	94,11	5,89				
11	H-157/10	96,71	3,10	0,06	0,06	0,05	0,02
12	H-157/11	98,90	1,10				
13	1040/1	98,56	1,32	0,10			0,02
14	1064	99,66	0,13	0,09			0,03
15	2022/5	97,39	2,50	0,08	0,02		0,01
16	2022/4	99,22	0,03	0,07	0,68		
17	1064/1	98,48	1,22	0,08	0,22		
18	2022/3	93,21	6,52	0,08	0,19		
19	2022/2	97,24	2,62	0,08	0,06		
20	1040/2	98,52	0,40	0,14	0,94		
21	1040	97,53	0,38	0,06	2,03		
22	2022/6	98,07	1,52	0,08	0,33		
23	2022/7	93,58	5,94	0,09	0,13	0,26	
24	2022/9	93,64	6,23	0,07		0,06	
25	2022/11	85,16	14,61	0,05		0,18	
26	2022/12	85,89	13,73	0,12	0,23		0,02
27	2022/13	87,01	12,65	0,11	0,23		
28	2022/16	85,37	14,37	0,12			0,14
29	2022/18	85,27	14,51	0,16			0,06
30	2022/19	85,17	14,75	0,05			0,03

Кондиционные руды месторождений выделяются более высоким процентным выходом минералов тяжелой фракции, повышенной концентрацией гидроксидов железа и псевдоморфоз лимонита по пириту (табл. 2). Из рудных минералов в пробах практически постоянно присутствует пирит. Из нерудных минералов, сопутствующих золотому оруденению, в пробах отмечаются флюорит, хлорит, рисовидный кварц. Причем последний встречается в пробах, как в знаковых, так и весовых количествах.

Самородное золото в окисленных рудах месторождений установлено в шести пробах. В изученных выборках (396 зерен) золотины наблюдаются в виде кристаллов и их сростков (52,5%), прожилковой (31,1%), комковидно-гнездовой (11,6%) и уплощенно-комковидной (4,8%) формах. Количество «породистого» золота (в сростках с кварцем, гидроксидами железа) составляет 8,3%. Средний размер золотинок изменяется от 0,01 до 0,2 мм. В выборках по гранулометрическому составу (классы, мм: 0,01-0,05 – 78%, 0,05-0,1 – 18%, 0,1-0,25 – 4%) резко преобладает пылевидное золото. Уплощенность золотинок колеблется от 1 до 11, среди них доля индивидов изометричной формы составляет 67%. Самородное золото из окисленных руд месторождения Надежда по химическому составу (табл. 3) высокопробное, в нем обнаружены повышенные концентрации ртути, платины. Рассмотренные месторождения Нижнеякоkitского рудного поля по продуктивным минеральным ассоциациям сопоставимы с объектами Куранахского поля [2, 3], отличаясь от последнего по морфометрическим параметрам золотинок (более низким значениям их средних размеров и уплощенности) и более узким диапазоном изменения их пробности.

#### **Литература**

1. Баранов Э.Ф. Отчет Томмотского отряда Алексеевской партии о результатах ГГС-50 с общими поисками на территории листов О-51-36-Г, О-51-48-В, О-52-25-В, О-52-37-А за 1986-91 г.г. Алдан, 1991г.
2. Дворник Г.П., Угрюмов А.Н., Балахонов В.С. Метасоматиты, морфология и состав самородного золота из окисленных руд основных формационных типов золоторудных месторождений Центрально-Алданского района // Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд: Материалы научной конференции. Иркутск, 2005. Т.1. С. 186-188.
3. Дворник Г.П., Кискин В.А. Геологическое строение, особенности разведки, минеральные ассоциации и технологические свойства окисленных руд месторождения золота Надежда (Алданский щит) // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы Международной научно-технической конференции. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2006. С. 337-344.
4. Кискин В.А. Проект на проведение разведочных работ на месторождениях Надежда, Смежное, Верхнее Нижнеякоkitского рудного поля на 2002-2005г. Алдан, 2002.
5. Мудрик С.М. Отчет о результатах поисков и оценки месторождений куранахского типа и поисков, связанных с ними россыпных проявлений золота в нижнем течении р. Якоkit, проведенных в 1986-88 г.г. Алдан, 1989.
6. Мудрик С.М. Отчет о результатах предварительной разведки золоторудных карстовых зон участков Табар, Еловый, Верхний и других Нижнеякоkitского рудного поля, выполненной в 1994-97 г.г. Алдан, 1998.

## БУРОВЗРЫВНАЯ ПОДГОТОВКА СВЯЗНЫХ И СКАЛЬНЫХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

Добровольский Г.Н., д.т.н., профессор,  
Якутский государственный университет, г. Якутск

К связным многолетнемерзлым породам относятся породы и руды, в которых все трещины заполнены льдом, за счет чего они образуют монолитную конструкцию. При взрывании такой породы разрушение происходит только в ближней зоне, а волновая энергия проходит по массиву и затухает, не производя разрушения.

Буровзрывная подготовка многолетнемерзлых пород к выемке, которая рассматривается ниже, базируется на установленных закономерностях, связывающих взрывное воздействие с:

- состоянием горного массива;
- разработанными средствами и методами управления горным массивом при его взрывном разрушении с целью:
  - повышения КПД взрыва;
  - сокращения удельного расхода ВВ до 25%;
  - получения заданного грансостава отбитой горной массы;
  - обеспечения высокоэффективной работы горной техники.

На основании выполненных на горнорудных предприятиях Якутии экспериментальных работ, а также анализа литературных данных установлено, что разрушение взрывом скальных и связных пород имеет существенные отличия, которые заключаются в том, что основной вид разрушающей энергии («поршневое действие» и «ударная волна») для этих пород различен, так как:

- для скальной породы до 70% разрушения осуществляется за счет волновой энергии и только 30% за счет поршневого действия взрыва в ближней зоне;
- связные же породы почти на все 100% разрушаются за счет поршневого действия взрыва;
- зоны регулируемого разрушения скважинным зарядом по этой же причине также отличаются и для:
  - скальных пород составляют около 40d скважины;
  - связных (26-36)d скважины.

Имея различный механизм разрушения, эти породы должны иметь и различные условия взрывания, в которых необходимо реализовать:

- для скальных пород создать условия максимального использования «волновой энергии»;
- для связных пород более полно использовать «поршневое действие» взрыва или создать условия для участия в разрушении «волновой энергии».

Разрушение массива многолетнемерзлых горных пород под действием взрыва заряда ВВ происходит как за счет непосредственного действия газов на стенки зарядной камеры «поршневое действие», так и действия ударных волн «волновой энергии», распространяющихся в массиве вокруг заряда.

Причем здесь в зависимости от состояния массива и акустической жесткости ( $V \cdot \gamma$  - произведение скорости продольной акустической волны -  $V$ , м/с, на плотность -  $\gamma$ , кг/м<sup>3</sup>) возможны три таких варианта:

- породы, разрушающиеся в основном за счет «поршневого действия» - расширения продуктов взрыва, а разрушения, вызванные действием «волновой энергии», незначительные; в этих породах разрушение происходит от заряда во все стороны равномерно (акустическая жесткость таких пород не превышает  $5 \cdot 10$ );

- породы, разрушающиеся в основном под действием волн напряжений «волновой энергии», а разрушения за счет «поршневого действия» незначительны и ограничиваются ближней зоной, (акустическая жесткость этих пород находится в пределах  $(15-25) \cdot 10$ ;

- породы, акустическая жесткость которых находится в пределах  $(5-15) \cdot 10$ , могут разрушаться как за счет «поршневого действия», так и от воздействия волн напряжений «волновой энергии» одновременно.

Многолетнемерзлые связные горные породы имеют акустическую жесткость в пределах:  $(1,5-7) \cdot 10$ , и, следовательно, основное разрушение в этих породах должно осуществляться за счет "поршневого действия" взрыва.

Результаты взрывания вскрышных пород Кангаласского, Нерюнгринского угольных разрезов и связных массивов месторождений Кулара показывают, что связные породы - мерзлые пески, у которых акустическая жесткость равна  $5 \cdot 10$  и трещиноватые скальные породы, цементированные льдом с акустической жесткостью  $9 \cdot 10$ , хотя и имеют разный характер разрушения, но принципы расчета зарядов для этих пород идентичны.

При взрывном разрушении горных пород наибольшее влияние на качество подготовленной горной массы оказывают три фактора:

- удельный расход;
- интервал замедления между рядами;
- схема коммутации взрывной сети и порядок взрывания скважин.

Удельный расход определяется расчетным способом по известным формулам и, как правило, всегда с достаточным запасом - на «коэффициент нашего незнания». И окончательно устанавливается на основании опытных взрывов.

Для разрушения любого массива нужно затратить строго определенное количество энергии, избыток ее не приносит улучшения качества дробления, т.к. расходуется на другие виды работы - перемещение и фугасное действие, увеличиваются в этом случае и потери энергии за счет более раннего прорыва продуктов взрыва в атмосферу.

#### **Взрывание связных и скальных многолетнемерзлых пород**

До настоящего времени ни теоретически, ни экспериментально не установлена доля энергии взрыва, идущая на «поршневое действие» и производящая разрушение твердого тела за счет динамических нагрузок.

Значение «поршневого действия» взрыва ВВ приближенно можно оценить на основе экспериментальных данных» полученных при подводных взрывах.

Энергия ударной волны в воде, которая аналогична энергии ударной волны в твердом теле, и энергия, вызывающая процесс пульсации газового пузыря», который аналогичен процессу вспучивания и смещения среды при взрывных работах, составляют в сумме большую часть энергии взрыва.

Эти два вида работы энергии являются основными и при взрыве в многолетнемерзлой породе. Параметры указанных видов энергии характеризуют механизм передачи энергии взрыва окружающей среде. Они получены экспериментально в работах /1,3/. Анализ этих данных показывает, что на «поршневое действие» взрыва расходуется до 50 % энергии ВВ и только 15 % ее переходит в «ударную волну» или волну напряжений.

Необходимо учитывать и то, что на сам процесс разрушения массива уходит всего около 2-5 % общей энергии, выделяемой взрывчатым веществом. То есть, при взрывном разрушении и за счет «поршневого действия» и за счет «волновых процессов» может быть

израсходовано, непосредственно на разрушение, не более 2,5 и 0,75% каждого вида энергии соответственно, то есть суммарно - 3,25%.

Повышение доли использования «волновой энергии» в разрушении возможно путем экранирования этой энергии в массиве вокруг зарядов.

Повышение же доли «поршневого действия» в процессе разрушения возможно только в том случае, если организовать такую систему взрывов, чтобы каждый заряд мог отдать массиву максимально возможную энергию, выделившуюся в нем. Это можно регулировать степенью замедления между взрывающимися рядами зарядов, а также массой заряда в скважинах.

При этом интервал времени замедления между двумя рядами должен быть таким, чтобы:

- обеспечить разрушение призмы выброса, то есть вспучивание и сдвигание горной массы, расположенной между первым рядом и свободной поверхностью уступа;

- начало взрыва второго ряда должно совпасть с моментом начала отделения призмы выброса от зарядов первого ряда, обеспечив проникновения поля напряжений от второго ряда в призму выброса первого ряда;

- такой способ взрывания может обеспечить полное использование энергии зарядов, то есть осуществлять взрывы с максимальным КПД.

На практике для определения оценочных данных времени замедления между рядами  $t_{\text{зам}}$ . в разных условиях пользуются эмпирическими зависимостями:

$$t_{\text{зам}} = (3-5) * W, \text{ мс.} \quad /1/$$

$$t_{\text{зам}} = (6-12) * W, \text{ мс.} \quad /2/$$

$$t_{\text{зам}} = (7-14) * W, \text{ мс.} \quad /3/$$

W - ЛНС и расстояние между рядами.

Экспериментальные буровзрывные работы, выполненные на карьере Центральный Куларского ГОКа, показали, что применяемые там замедления  $t_{\text{зам}} = (5-7) W$ , мс, то есть замедления находятся в рекомендуемых практикой пределах, но ближе к нижнему уровню, дали требуемое качество дробления.

Известно, что интервал замедления функционально зависит не только от W, но и от веса заряда, причем, чем больше заряд в скважине, тем меньше должно быть время замедления между рядами. Здесь время замедления вспомогательного ряда (с уменьшенным зарядом) может быть найдено из соотношения:

$$P_{\text{осн.}} * t_{\text{осн.}} = P_{\text{всп.}} * t_{\text{всп.}},$$

где  $P_{\text{осн.}}$ ,  $P_{\text{всп.}}$  - вес основного и вспомогательного зарядов соответственно.

На основании вышеизложенного разработана принципиально новая схема взрывания многолетнемерзлых связных горных пород, сущность которой заключается в следующем:

1. Рассчитывается – W.
2. Скважины на подготавливаемом к взрыву блоке располагаются в шахматном порядке по сетке W x W и делятся на основные и вспомогательные.
3. Удельный расход рассчитывается по известным зависимостям.
4. Основные скважины заряжаются полным зарядом.
5. Вспомогательные - из расчета 2/3 полного заряда.
6. Замедление скважин основных рядов находится из эмпирического соотношения:  $t = 5,569 * W$ , мс. и принимается ближайшее – меньшее, стандартное.
7. Замедление скважин вспомогательных рядов находится из эмпирического соотношения:  $t = 8,687 * W$ , мс. и принимается ближайшее большее, стандартное.
8. Порядок взрывания скважин - поступательно – возвратный. (Схема)

## Литература

1. Дэвидсон С. Английские промышленные ВВ. Буровзрывные работы. М.: Углетехиздат, 1959. С. 252-268.
2. Таранов П.Я., Гудзь А.Г. Разрушение горных пород взрывом. М.: Недра, 1976. 247с.
3. Ханукаев А.Н. Энергия волн напряжений при разрушении пород взрывом. М.: Госгортехиздат, 1962. 192 с.
4. Способ дробления горных пород. А.С. № 1429697, 23.05.85г.
5. Добровольский Г.Н. Взрывание многолетнемерзлых пород // Ученые записки ЯГУ. Якутск, 1994.
6. Добровольский Г.Н. Технология буровзрывной отбойки кимберлитовых руд: Пути решения актуальных проблем добычи и переработки полезных ископаемых. Якутск, 2003. С 37-39.

УДК 622.271.5

### **К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗАПАСОВ В КОНТУРАХ МЕЖДУ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ РАЗРЕЗАМИ**

Ермаков С.А., к.т.н., с.н.с., [s.a.ermakov@igds.ysn.ru](mailto:s.a.ermakov@igds.ysn.ru),  
Бураков А.М., к.т.н., с.н.с., [a.m.burakov@igds.ysn.ru](mailto:a.m.burakov@igds.ysn.ru),  
Батугина Н.С., к.т.н., с.н.с.,  
Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск

Ранее выполненными в ИГДС СО РАН исследованиями /1/ установлено, что месторождения кластерного типа к которым, в частности, относится уникальное россыпное месторождение золота р. Б. Куранах (Алданский район РС (Я)), характеризуются высокой селективностью распределения запасов и резким изменением содержания полезного компонента на локальных участках месторождения.

Для анализа данных опробования, применительно к условиям погребенного россыпного месторождения Б. Куранах (Алдан, Якутия) были разработаны алгоритм и программа (в 3-мерной постановке) расчета количества полезного компонента (ПК) по заданному набору диапазонов его содержания ( $\text{мг/м}^3$ ) в контуре россыпного месторождения и соответствующих каждому диапазону объёмов извлекаемой из массива горной массы /2/.

Выполненные по программе расчеты показали, что во многих характерных случаях более половины, или близкое к этому количество запасов металла заключено примерно в одной пятой общего объема песков (конкретные цифры по участкам могут иметь некоторый разброс в ту или другую сторону). Кроме этого, распределение металла характеризуется резким изменением содержания в широком диапазоне (от 0,07 до  $2 \text{ г/м}^3$ ) и значительным (в 2-5 раз) изменением размеров зон концентрации металла.

В общем случае гистограммы распределения запасов по содержанию металла для каждого геологического разреза по всем разведочным линиям россыпи р. Б. Куранах имеют следующий вид (табл. 1).



Структура запасов металла и песков

Содержание металла, мг/м <sup>3</sup>	Запасы, %	
	металла	песков
До 50	10	50
51-100	15	25
101-200	25	10
201-400	30	10
>400	20	5
Всего	100	100

Данная структура запасов является характерной для большинства геологических разрезов по россыпи р. Б. Куранах. По данным табл. 1 очевидным является тот факт, что более половины песков россыпи являются некондиционными при обычной их добыче.

Такие закономерности распределения рудных элементов в объеме месторождения (или рудной залежи) определяются геолого-геохимическими условиями их концентрации и рассеяния в процессе рудообразования и зависят, в частности, от наличия и близости коренных источников россыпеобразования.

С целью исследования закономерности распределения рудных элементов в объеме месторождения (или рудной залежи) были разработаны элементы модели строения сложноструктурных месторождений:

- способ задания геометрических координат продольных и поперечных сечений рудного тела;
- методика описания контура рудного тела, реализуемая путем обхода контура по часовой стрелке;
- способ задания качественных характеристик областей рудного тела;
- методика поблочной и послойной блокировки рудного тела по заданным координатам послойной отработки.

В результате исследований установлено, что распределение запасов, как по содержанию, так и по геометрическим характеристикам, изменяется в соответствии с определенной закономерностью. Данная закономерность характеризуется значительным изменением процентного содержания полезного компонента в диапазонах, соответствующих требованиям применяемых геотехнологий и определяет принадлежность месторождения к кластерному типу распределения полезного компонента.

Дальнейшие исследования, имеющие целью определение качественных характеристик полезного компонента, выбор направления развития горных работ и рационального сочетания оборудования в комплексах мобильных геотехнологий предопределили необходимость разработки показателей качества продуктивного массива.

Для численного выражения закономерности распределения металла в какой-либо области месторождения является предпочтительным использование математического выражения, характеризующего неоднородность содержания какого-то материального эквивалента по тем или иным категориям. Наиболее подходящим для данной цели был определен закон распределения, характеризующийся кривой Лоренца. Этот закон был соответствующим образом приспособлен для характеристики распределения запасов в конкретном типе месторождения.

Вторым методом исследования коэффициента неоднородности было составление гистограмм "пески-металл", которые иллюстрируют собой отношение текущего содержания

в интервале к среднему содержанию ( $C_i/C$ ). Полученные закономерности изменения показателей неоднородности позволяют оптимизировать объемы горных работ и качественные характеристики добываемых песков в условиях дифференцированных эксплуатационных кондиций.

Вместе с тем данные качественные критерии, основанные на данных геологического опробования, в общем случае справедливы только в плоскости геологических разрезов. Распространение их влияния на пространство между геологическими разрезами требует разработки специальных критериев подобия, основанных на геометрическом, либо качественном сходстве характерных точек или контуров на разрезах.

Для обоснования коэффициента подобия геологических плоских изображений примем допущение, что разрезы (или погоризонтные планы, если таковые имеются), построены с достаточной точностью. Очевидно, что два смежных разреза тем более схожи (подобны), чем меньше расстояние ( $X$ ) между ними. В предельном случае, при  $X \rightarrow 0$  разрезы могут быть практически идентичными, а с ростом  $X$  подобие разрезов должно уменьшаться до нуля, хотя это не обязательно будет происходить монотонно.

С.А. Батугин в 1972 г. ввел некоторую меру схожести (сходства, подобия) разрезов в исследованиях по разработке методов прогноза нарушенности и сложности шахтных полей [3]. При этом на разрезе (плане) отмечаются характерные точки (точки выхода рудных тел под наносы, точки пересечения рудных тел геологическими нарушениями, вершины синклинальных и антиклинальных складок, точки перегиба, утоньшения и раздува рудных тел, а также другие характерные точки их контуров. На геологических разрезах россыпного месторождения выделяются контуры кластеров (зон разного качества и технологических свойств запасов полезных и вредных компонентов) и отмечаются характерные точки контуров этих зон, их центры тяжести и т.д.

Для нахождения координат характерных точек начало координат фиксируется следующим образом: на плане верхнего горизонта проводится по простиранию рудной зоны прямая линия ( $L$ ) и далее находятся точки пересечения ее с разведочными линиями. Эти точки затем отмечаются на разрезах (рис. 1 по россыпи р. Б. Куранах).

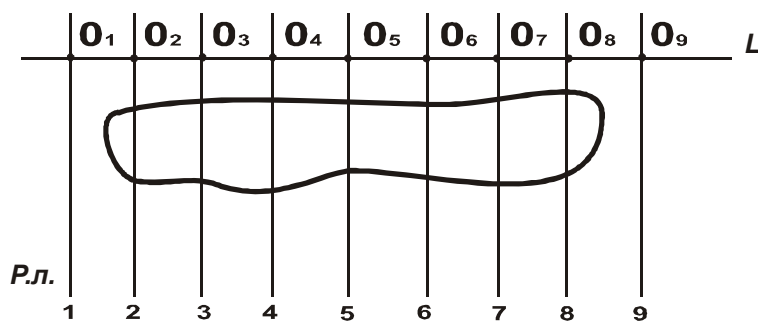


Рис.1 Схема определения начала координат на разрезах  $O_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$  по числу разрезов)

Ось абсцисс ( $x$ ) направляется по разведочной линии, а ось ординат ( $y$ ) - вниз по направлению роста глубины вертикальных разведочных скважин (рис. 2).

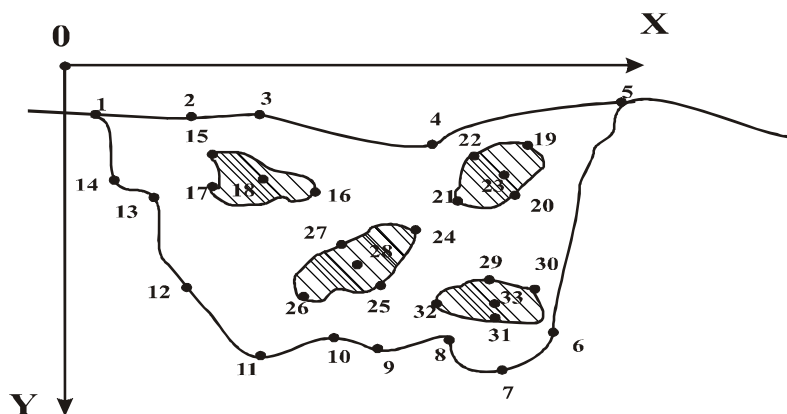


Рис. 2. Схема выбора направлений осей координат и определения координат характерных точек (на примере разреза по россыпи р. Б. Куранах с выделенными кондиционными кластерами золотоносных песков и 33-мя характерными точками)

После того, как на разрезе отмечены характерные точки (рис. 2), они нумеруются, и после определения их координат заносятся в табл. 2.

Таблица 2

Координаты характерных точек разреза по разведочной линии J(J=1,2,...)

№ точки	Принадлежность точки	Координаты, м	
		X	Y
1	Контур россыпи		
2	-//-//-		
...	-//-//-		
15	Контур кластера I		
...			

Считаем далее, что множество характерных точек на разрезе представимо комплексной случайной величиной:

$$z = x + iy, \quad (1)$$

где  $x$  и  $y$  координаты характерной точки данного разреза,  $i = \sqrt{-1}$  - мнимая единица /4/.

Для оценки подобия каких-либо двух плоских разрезов (и вообще, плоских образов), в качестве меры сходства можно принять корреляционный момент двух комплексных случайных величин:

$$z_1 = x_1 + iy_1$$

$$z_2 = x_2 + iy_2.$$

В качестве корреляционного момента для двух комплексных случайных величин служит математическое ожидание произведения одной центрированной величины на соответствующую второй величине комплексную сопряженную величину:

$$K_{z_1 z_2} = M[\dot{z}_1 \dot{z}_2] = M[(x_1 + iy_1)(x_2 - iy_2)] = K_{x_1 x_2} + K_{y_1 y_2} + i(K_{y_1 x_2} - K_{x_1 y_2}), \quad (2)$$

где  $K_{x_1 x_2}, K_{y_1 y_2}, K_{y_1 x_2}, K_{x_1 y_2}$  - соответствующие корреляционные моменты величин  $(x_1 x_2), (y_1 y_2), (y_1 x_2), (x_1 y_2)$ , а, следовательно, и коэффициент корреляции:

$$r_{z_1 z_2} = r_{x_1 x_2} + r_{y_1 y_2} + i(r_{y_1 x_2} - r_{x_1 y_2}), \quad (3)$$

где  $r_{x_1x_2}, r_{y_1y_2}, r_{y_1x_2}, r_{x_1y_2}$  - соответствующие коэффициенты корреляции величин  $(x_1, x_2), (y_1, y_2), (y_1, x_2), (x_1, y_2)$ .

Таким образом, коэффициент подобия будет равен:

$$K_n = \frac{|r_{z_1z_2}|}{2}, \quad 0 \leq K_n \leq 1 \quad (4)$$

где модуль коэффициента корреляции:

$$|r_{z_1z_2}| = (r_{x_1x_2} + r_{y_1y_2})^2 + (r_{y_1x_2} - r_{x_1y_2})^2. \quad (5)$$

Если разрезы совершенно одинаковы, то  $K_n = 1$ , а если совершенно отличные, разные -  $K_n = 0$ .

Все последнее справедливо при сохранении, наличии на сравниваемых плоских изображениях всех характерных (одних и тех же) точек.

В случае геологических разрезов на втором из них могут отсутствовать некоторые характерные точки первого разреза и (или) – появиться новые, не свойственные первому разрезу. Поэтому окончательно коэффициент подобия геологических плоских изображений, как и многих других, записывается в виде:

$$K_n = \frac{|r_{z_1z_2}|}{2} \lambda \quad (6)$$

где  $\lambda$  - поправочный коэффициент, равный:

$$\lambda = \frac{(n_1 - n_{01}) + (n_2 - n_{02})}{n_1 + n_2} \quad (7)$$

где  $n_1, n_2$  – число характерных точек, соответственно, на первом и втором разрезах;  $n_{01}, n_{02}$  – соответственно, число отсутствующих на втором разрезе точек с первого разреза и наоборот – число появившихся новых точек на втором разрезе, которых не было на разрезе первом.

С практической точки зрения, использование вышеописанного коэффициента подобия предполагается в следующих направлениях.

1. Для доказательства предполагаемой закономерности, состоящей в том, что подобие смежных разрезов при фиксированном (постоянном) расстоянии между ними изменяется по простиранию рудных зон и имеется выраженная тенденция увеличения коэффициента подобия в центральных частях этих зон (рудных тел и рудных зон) рудных месторождений определенных генетических типов, а для протяженных россыпных месторождений (типичный пример - россыпь р. Б. Куранах) имеет место полимодальное изменение  $K_n$  и т.д.

Практическими следствиями из указанного направления могут быть следующие:

- традиционная практика проектирования разведочных сетей с заданными инструктивно постоянными расстояниями (на конкретном месторождении) между разведочными линиями, между скважинами (и другими разведочными выработками) порочна: плотность разведочной сети должна быть переменной и изменяемой в процессе реализации начального проекта по мере накопления знаний о месторождении, а также совершенствования методики и техники разведки, оценки и разработки;

- можно показать, что на многих месторождениях реализованы сети как с заниженной, так и завышенной плотностью, что в обоих случаях приводит к экономическому ущербу при освоении месторождений;

- последовательное введение в практику проектирования и реализации сетей разведки, доразведки, эксплуатационного опробования количественной меры подобия геологических разрезов даст значительный экономический эффект;

- коэффициент подобия разрезов можно успешно использовать при оценке природного геологического разубоживания руд, картировании зон с разным качеством руд и при поиске рациональных геотехнологий.

2. Для доказательства предполагаемого наличия ряда закономерностей в несинхронности изменения подобия различных структурных элементов месторождения, обусловленного особенностями процессов образования и эволюции рудной зоны.

#### **Литература**

1. Бураков А.М., Ермаков С.А. Создание и модернизация геотехнологий разработки россыпных месторождений на основе анализа качественной характеристики запасов // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: Сб. науч. тр. по матер. III Межд. науч.-техн. конф. Красноярск, 2005. С. 182-190.

2. Ермаков С.А., Бураков А.М., Тетельбаум А.С. Разработка программы анализа и подсчета запасов в рудном теле россыпного месторождения // Исследования по инженерно-физическим проблемам Севера: Сб. науч. тр. Якутск, 2003. С. 21-27.

3. Батугин С.А., Мякишева Л.Е. Отчет по НИР «Разработка методов прогноза нарушенности и сложности шахтных полей, качества угля и разработка принципов промышленной группировки угольных шахт и разрезов по условиям доразведки нижних горизонтов». Кемерово, 1973. 106 с.

4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 167 с.

УДК 622.271.4(571.56)

### **ОЦЕНКА ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ**

Ермаков С.А., к.т.н., с.н.с., Хосоев Д.В.,

Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск, [s.a.ermakov@igds.ysn.ru](mailto:s.a.ermakov@igds.ysn.ru)

В настоящее время угольная промышленность Республики Саха (Якутия) включает более 10 добывающих предприятий. Самым крупным предприятием, является Нерюнгринский угольный разрез.

Нерюнгринское каменноугольное месторождение расположено на юго-востоке Алдано-Чульманского угленосного района Южно-Якутского бассейна в районе г. Нерюнгри. Для открытой разработки предназначен пл. Мощный мощностью 1,3 - 66 м, в среднем 25,2 м. Крепость угля пл. Мощный по М.М. Протодьяконову составляет 1-4. Вскрышные породы месторождения имеют крепость 6-15 и сложены на 80-85% песчаниками, на 15-20% алевритами. Песчаники подразделяются на крупно- (20-22%), средне- (30-31% и мелкозернистые (30-35%).

В настоящее время производственная мощность разреза составляет 8-9 млн. т. На разрезе применяется транспортная система разработки с погрузкой горной массы экскаваторами в автотранспорт и транспортированием вскрышных пород во внешние и внутренние отвалы. На добычных работах – транспортная система с погрузкой угля экскаваторами в автотранспорт. Подготовка вскрышных пород производится с помощью буровзрывных работ на рыхление.

На вскрышных работах используются экскаваторы ЭКГ-20, ЭКГ-15, 201-М, 301-М. На добычных и погрузочных работах заняты экскаваторы ЭКГ-8И, ЭКГ-10, ЭШ-13/50, ЭШ-

11/70, ЭКГ-5А. Бурение скважин осуществляется станками 60-R, ДМ-Н, СБШ-320В, СБШ-250МНА-32. Автотранспорт представлен автосамосвалами БелАЗ-7521 (180 т), БелАЗ-7519 (110 т), Холпак-830Е (218 т), НД-1200Е (120 т).

Эльгинское месторождение входит в состав Токинского угленосного района Южно-Якутского бассейна. Месторождение разделено на два участка: предварительно разведанный Северо-западный участок площадью 62 км<sup>2</sup>, и изученный на стадии общих поисков, Юго-восточный, площадью 20 км<sup>2</sup>. Месторождение имеет ряд существенных особенностей, в непосредственной близости от него находятся два государственных заказника, что выдвигает повышенные требования к охране окружающей среды при его освоении.

Большинство пластов имеют сложное строение и включают от 1-2 до 10-12 породных прослоев. Породные прослои представлены углистыми алевролитами и углистыми аргиллитами, алевролитами, песчаниками мелкозернистыми, реже среднезернистыми.

В выполненных ТЭО по разработке этого месторождения отработка вскрыши предусматривается по комбинированной системе: нижнего уступа по бестранспортной с использованием мощных драглайнов, вышележащих уступов – по транспортной с использованием мощных мехлопат и большегрузных автосамосвалов.

Уголь предполагается добывать гидравлическими экскаваторами, с транспортировкой автосамосвалами на обогатительные фабрики, размещенные на борту разреза. Согласно оценке компании "Бойд" (США) количество товарной продукции в виде концентрата для коксования с зольностью 9% может составить 5 млн. т в год, энергетического угля с зольностью 14-16% - 15 млн. т в год до 2020 г.

Кангаласское бурогольное месторождение расположено в 40 км от г. Якутска на р. Лена. Разведанная площадь 12,1 км<sup>2</sup>. На площади Кангаласского месторождения выявлено более 5,2 млрд. т высококачественных энергетических углей. Промышленное значение имеют пять пластов со средней мощностью от 4 до 12 м. Пласты "Нижний", "Верхний" являются объектами интенсивной эксплуатации месторождения. Годовая добыча угля в настоящее время составляет – 160 тыс. т.

Месторождение отрабатывается по комбинированной технологии. Бестранспортная вскрыша над пл. "Верхний", транспортная вскрыша – на отработке междупластья. Уголь из разреза вывозится автотранспортом.

На горных работах применяется буровзрывная подготовка, используются экскаватор ЭШ-10/70 (бестранспортная вскрыша) и мехлопаты ЭКГ-5А. Бурение скважин осуществляется станками СБШ-250МН, ЗСБШ-200-60, СБР-160-А-24 и СБВ-2М.

В совершенствовании структуры угольной базы Республики Саха (Я), наряду с крупными предприятиями ОАО ХК "Якутуголь", в последнее время, важную роль играют малые разрезы.

Месторождение «Олонгринское» (разрез «Олонгринский») расположено на площади угленосного Алдано-Чульманского района.

Угленосные отложения представлены пластом К<sub>4</sub> средней мощностью 4,26 м. Пласт имеет как простое, так и сложное блоковое строение, в составе пласта отмечается от 1 до 4 внутрипластовых прослоев, сложенных алевролитами и их углистыми разностями. Вскрышные породы более чем на 80% представлены песчаниками мелко- и среднезернистыми со средним коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова – 9.

На разрезе применяется транспортная система разработки. На вскрышных и добычных работах в качестве выемочно-погрузочного оборудования приняты экскаваторы ЭКГ-5А. В качестве средств автомобильного транспорта используются автосамосвалы

БелАЗ-75405. Коренные породы предварительно рыхлятся буровзрывным способом. На буровых работах используется буровой станок БТС-150ТУ и ЗСБШ-200-60.

Денисовское месторождение (участок "Китайка"). Срок службы участка составляет 28 лет при мощности разреза 300 тыс. т угля в год.

Вмещающие породы представлены в основном песчаниками. Крепость пород по шкале проф. М.М. Протодяконова изменяется от 3 до 15, при среднем значении 7-8, что требует предварительной буровзрывной подготовки. Бурение скважин осуществляется станками ЗСБШ-200/60. В породных прослоях угольного пласта встречаются аргиллиты и алевролиты. Организация вскрышных работ по бестранспортной системе производится с помощью экскаваторов-драглайнов ЭШ-11/70 и ЭШ-20/90.

Отработка угольного пласта ведется послойно, без буровзрывных работ бульдозером-рыхлителем ДЗ-141-ХЛ. Транспортировка угля осуществляется автосамосвалами БелАЗ-7540.

Разрез "Кабактинский" (Право-Кабактинский участок).

Вмещающие породы представлены, в основном, песчаниками мелко- и среднезернистыми. Крепость пород по шкале проф. М.М. Протодяконова изменяется от 3 до 15, при среднем значении 8-9. Коренные породы вскрыши требуют предварительного рыхления буровзрывным способом.

Вскрышные работы ведутся экскаватором ЭКГ-5А. На добыче принята транспортная система разработки с использованием экскаватора ЭО-5124А, погрузчика ПК-12.02, бульдозера Т-20.01 для зачистки, рыхления и выкучивания угля, автосамосвалов КамАЗ-65115.

Чульмаканское месторождение коксующихся углей (разрез «Инаглинский» расположено в южной части Якутии, в 420 км от ст. Беркакит. В пределах площади месторождения выделяются три участка - Восточный, Западный и Локучакитский.

На разрезе "Инаглинский" принята комбинированная система разработки. Вскрышные работы выполняются экскаваторами ЭКГ-5А, ЭШ-11/70 по транспортной и бестранспортной системам разработки, с размещением пород во внутренних отвалах. Подготовка вскрышных пород и угля осуществляется с помощью буровзрывных работ. Бурение скважин на вскрыше производится станками БТС-150, СБШ-250, на добыче - 2СБР-125.

На добычных работах применяется транспортная система разработки с использованием экскаваторов Э-2505 БХЛ-2 и автосамосвалов БелАЗ-540. Доставка породы во внутренние отвалы по транспортной системе разработке осуществляется автосамосвалами БелАЗ-540.

Месторождение «Надеждинское» находится в юго-восточной части Колымо-Индибирского угленосного бассейна в 12 км от п. Угольное. Средняя мощность пластов составляет 1,0-6,6 м.

Добычу угля на участке "Надеждинский" ведет разрез "Зырянский". Месторождение отрабатывается комбинированной системой разработки. На бестранспортной вскрыше - экскаватор ЭШ-10/70, на транспортной системе разработки экскаватор ЭКГ-5А. Выемка угольных пластов осуществляется по транспортной схеме экскаваторами ЭО-5124 и ЭКГ-5А с погрузкой угля на автосамосвалы КраЗ-256 с прицепом. Для бурения скважин на вскрыше используются станки СБШ-250МН, по углю станки СБР-160.

Кировское месторождение бурых углей находится на левом берегу р. Марха, в 16 км от устья.

Месторождение отрабатывается комбинированной системой разработки, с применением на вскрышных и добычных работах экскаватора ЭО-5124. Частичная транспортировка вскрышных пород осуществляется автосамосвалами КамАЗ-5511. Погрузка

осуществляется погрузчиком ПК-2701 с емкостью ковша 1 м<sup>3</sup>. Доставка угля до угольного склада осуществляется автосамосвалами КамАЗ-5511. Бурение скважин по породе и углю осуществляется станком СВБ-2М.

Харбалахское месторождение угля находится на левом берегу р. Амга в 45 км от пос. Ытык-Кюель.

Базовыми видами горно-добычной техники приняты бульдозеры Д-275А, Т-170, экскаваторы ЭО-6123, погрузчики ПК-3, буровые станки СВБ-2М, БТС-150, автосамосвалы КамАЗ-5511, КраЗ-256.

Разрез "Мироновский" (Северный участок Белогорского месторождения).

Вскрышные породы представлены слабосцементированными песчаными породами различной зернистости, встречаются алевролиты и аргиллиты. По шкале М.М. Протодяконова породы вскрыши имеют коэффициент крепости от 2.2 до 6, что требует применения буровзрывных работ.

Для производства горных работ (вскрыша и добыча) предусматривается погрузчик МоАЗ-4484, на вспомогательных работах (частично вскрышные работы) использование бульдозеров Т-35-01, Т-170, автогрейдера ДЗ-98. Для бурения скважин по породе и углю применяется буровой станок УРБ-2А2.

#### Основные показатели по угольным месторождениям Якутии

Наименование предприятия, месторождение	Запасы угля, тыс.т	Объем вскрыши, тыс. м <sup>3</sup> .	Крепость вскрыши, f	Марка углей	Проектная мощность, тыс. т.
Месторождение Эльгинское	2047805	8170000	2-13	Ж, СС	21000
Разрез «Нерюнгринский», м-е Нерюнгринское	197069	1064172	6-15	К, СС	9200
Разрез «Кангаласский», м-е Кангаласское	17652000	52956000	1-4	Б	300
ООО СП "Эрэл ЛТД", разрез «Инаглинский» м-е Чульмаканское	29239	11295	3-15	Ж	400
ЗАО "Разрез Олонгринский" м-е Олонгринское	1560	6782	9	СС, К	100
ЗАО "Малые разрезы Нерюнгри", м-е Денисовское (уч. Китайка) м-е Кабактинское	7533 163457	58620 8807	7-11 3-15	СС, К, КЖ СС	300 300
ГУП "Разрез Зырянский" м-е "Надеждинское"	27577	11329	5	Ж	250
ГУП "Разрез Кировский" м-е Кировское	2400	789	4-6	Б2	75
ОАО "Телен" м-е Харбалахское	5554	10003	0,5-8	Д	85
"Разрез Мироновский" Белогорское м-е (уч. Северный)	3319	5748	2-6	Д, Г	100

Выполненный анализ показал, что на угольных месторождениях Якутии применяется цикличная технология с использованием одноковшовых экскаваторов и погрузчиков



различной мощности, при этом рыхление вскрыши и угольных пластов осуществляется с применением буровзрывных работ. Данная технология имеет ряд недостатков, в т.ч. высокую энергоемкость и себестоимость добычи полезного ископаемого, негативное воздействие на окружающую среду.

Ограниченные возможности применяемой технологии, не обеспечивающей отдельной выемки тонких породных прослоев, приводят к валовой их отработке, что значительно снижает качество добываемого сырья, увеличивается зольность угольного топлива, или наоборот осуществляется выемка и транспортировка угольных пластов малой мощности в отвал вместе с породным прослоем (вскрышей).

За рубежом, в СНГ и России при разработке пластовых месторождений широко используются безвзрывная технология на базе оборудования непрерывного действия (роторно-конвейерные комплексы), также в последнее время нашло применения новое оборудование – комбайны послойного фрезерования Вирген, VASM и КСМ. Эти машины имеют высокое усилие резания, что позволяет разрабатывать породы с пределом прочности на сжатие до 100 МПа и мощностью пласта до 600 мм без предварительной буровзрывной подготовки. При одной и той же расчетной производительности масса машин типа КСМ меньше экскаватора ЭКГ в 4-6 раз, а усилие резания в 5-6 раз выше, чем у роторного экскаватора.

Испытания на разрезе "Талдинский" машины КСМ-2000Р показали, что эта техника универсальна, хорошо приспособлена к различным горнотехническим условиям, и эффективно может применяться для производства вскрышных работ, при этом может производить селективную разработку сложноструктурных залежей. Расчетная годовая производительность КСМ-2000Р при номинальных параметрах забоя и расчетной технической производительности 1400 м<sup>3</sup>/ч составляет 4,4 млн. м<sup>3</sup> при автомобильном и 5,0 млн. м<sup>3</sup> при конвейерном транспорте /1/.

Перспективы открытой угледобычи в Якутии в основном связаны с освоением Эльгинского месторождения, где сосредоточено более 3,75 млрд. т коксующихся и энергетических углей, из которых более 50% пригодны для открытой добычи. Предполагается строительство разреза проектной мощностью до 30 млн. т рядового угля в год. Также с приходом железной дороги в Якутск – значительным наращиванием производственной мощности разреза "Кангаласский". Горно-геологические условия залегания пластов на месторождении вполне благоприятны для открытой разработки с мощностью разреза до 15 млн. т. в год.

Учитывая большое значение в последнее время экологической составляющей производства горных работ, особенно в условиях Севера, и экономические условия, достаточно актуальным является рассмотрение новых технологических решений разработки этих месторождений в части применения технологий и оборудования. Весьма важным являются также вопросы чистоты и полноты выемки полезных ископаемых из недр.

Высоко производительная техника - роторные экскаваторы и комбайны типа КСМ-2000Р в комплексе с конвейерным, или автомобильным транспортом может найти применение на данных месторождениях. Применение такого оборудования позволит:

- существенно снизить негативное воздействие горного производства на окружающую среду за счет исключения БВР;
- обеспечить селективную выемку полезного ископаемого и уменьшить засоренность угля;
- значительно повысить производительность труда и снизить энергоемкость добычи полезного ископаемого;
- снизить потребности в производственном и обслуживающем персонале.

При этом вскрышные и добычные работы осуществляются едиными комплексами механизации, что значительно упрощает организацию работ.

Оценка возможности применения такого оборудования в специфических климатических и горнотехнических условиях угольных месторождений Якутии является своевременной и актуальной задачей.

### **Литература**

1. Коваленко С.К., Шендеров А.И., Штейнцайг Р.М. Совершенствование технологических процессов горного производства на угольном разрезе "Талдинский" // Уголь. №1. 1997. С. 17-20.

## **ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ СЕВЕРА**

Зарипова С.Н., к.ф.-м.н., доцент,  
Технический институт (филиал) ЯГУ, г. Нерюнгри

В последние годы функционирование объектов горнодобывающей промышленности сопровождается увеличением масштабов добычи и переработки сырья, значительным возрастанием единичных мощностей горно-транспортного оборудования, усложнением самих технологических процессов и режимов управления производством. Как следствие, наряду с развитием научно-технического прогресса в промышленности имеет место устойчивая тенденция роста влияния неблагоприятных производственных факторов со все более тяжелыми социальными и экономическими последствиями.

В процессе трудовой деятельности на работающего воздействуют факторы производственной среды и трудового процесса, которые оказывают негативное влияние на здоровье. Условия труда горнорабочих формируются в зависимости от используемой технологии, вида и состояния горной техники, климатогеографического расположения карьера, его глубины, степени осуществления мероприятий по борьбе с шумом, вибрацией, пылевым и химическим фактором, по нормализации микроклимата.

По данным Федерального центра Госсанэпиднадзора и Госкомстата России, от 40 до 60% промышленных объектов не отвечает санитарно-гигиеническим требованиям. В условиях, не отвечающих требованиям санитарно-гигиенических норм, занято свыше 3 млн. человек, что составляет 17,5% общей численности работающих в промышленности. В частности, в угольной промышленности, на открытых горных работах, в неблагоприятных условиях труда работают 44,9% от общей численности работающих. Наибольшая доля работников горнодобывающих предприятий, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, зафиксирована в районах Севера.

Сравнение темпов увеличения численности трудящихся горнодобывающих предприятий Севера с темпами возрастания профессиональной заболеваемости показывает, что на каждый процент роста численности работающих количество работников с впервые выявленными профессиональными заболеваниями увеличивается на 10,11%. Наиболее часто профессиональные заболевания встречаются среди водителей большегрузных автосамосвалов (59,21%), бульдозеристов (15,79%) и машинистов экскаваторов (13,16%) (рис. 1).

В структуре профессиональных заболеваний доля вибрационной болезни составляет 51,89%, радикулопатии – 21,23% и профессиональных заболеваний, связанных с воздействием на организм человека повышенного уровня шума, - 15,09% (рис. 2).

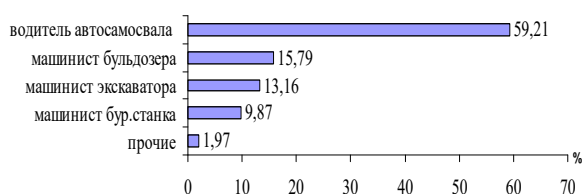


Рис. 1. Распределение профессиональных заболеваний по профессиям



Рис. 2. Распределение профессиональных заболеваний по нозологическим формам

Нарушение здоровья и снижение работоспособности рабочих могут обусловить экономические потери до 10 - 20% валового национального продукта. По оценке Всемирного банка, 2/3 потерянных рабочих лет по профессиональной нетрудоспособности могут быть предотвращены программами по охране и гигиене труда [1].

На протяжении многих лет отечественные и зарубежные ученые разрабатывают, апробируют и внедряют принцип регламентирования уровней действующих неблагоприятных производственных факторов. Разработаны и утверждены предельно допустимые концентрации и предельно допустимые уровни неблагоприятных факторов, при действии которых в течение трудового стажа гарантируется сохранение здоровья работающих. Однако, комбинированное, комплексное и сочетанное действие неблагоприятных факторов, имеющее место в условиях горнодобывающего производства, может нарушать надежность гигиенического норматива, рассчитанного на изолированное воздействие. Это обстоятельство обуславливает возможность нарушения здоровья и развития профессиональных заболеваний работников, необходимость оценки профессионального риска в условиях конкретного горнодобывающего предприятия с его производственными процессами и горнотехническими условиями.

По определению Всемирной Организации Здравоохранения под профессиональным риском понимается математическая концепция, отражающая ожидаемую частоту и (или) тяжесть неблагоприятных реакций на данную экспозицию. Другими словами, профессиональный риск - это прогностическая вероятность частоты и тяжести неблагоприятных реакций на воздействие вредных факторов производственной среды и трудового процесса.

Прогнозы строятся с помощью математических моделей, основанных на использовании вероятностных характеристик частоты неблагоприятных реакций.

При анализе частоты тех или иных отклонений в состоянии здоровья работающих может быть использовано множество показателей, каждый из которых можно рассматривать как критерий профессионального риска. Любая нозологическая форма профессионального заболевания может быть взята в качестве критерия профессионального риска.

В данной работе рассчитаны вероятности заболевания работников основных профессий горнодобывающих предприятий Севера профессиональными заболеваниями различной степени тяжести по каждой из выявленных нозологических форм с учетом различных показателей, имеющих прямое или косвенное отношение к развитию профессиональных заболеваний. В качестве показателей рассмотрены: профессия и возраст работающего, длительность воздействия вредного фактора на работника.

Вероятность  $P_i$   $i$  - й степени тяжести профессионального заболевания определяется по формуле ( $i=1, 2, 3$ ):

$$P_i = \sum_{\alpha} \sum_{\beta} P_{\alpha} \cdot P_{\beta\alpha} \cdot P_{i\alpha\beta},$$

где  $P_\alpha$  – вероятность появления  $\alpha$ -события;  $P_{\beta\alpha}$  – вероятность развития профессионального заболевания с  $\beta$ -нозологией от  $\alpha$ -фактора;  $P_{i\beta\alpha}$  – вероятность  $i$ -й степени тяжести профессионального заболевания с  $\beta$ -нозологией от всех факторов  $\alpha$ .

Сначала определяется сумма всех событий и рассчитывается доля каждого из  $\alpha$  – событий в виде вероятности возникновения  $\alpha$  – фактора ( $P_\alpha$ ). При этом учитывается, что если произошло  $m$  событий, из которых  $\alpha_1=m_1, \dots, \alpha_n=m_n$ , причем  $m_1+\dots+m_n=m$ , а других событий за анализируемый период не было, то вероятность появления конкретного события можно оценить как

$$P_{\alpha_1} = \frac{m_1}{m}, \dots, P_{\alpha_n} = \frac{m_n}{m}.$$

Далее производится оценка вероятности развития каждого заболевания (из  $\beta$ ) от фактора ( $\alpha$ ). Так, количество профессиональных заболеваний первой степени тяжести от события  $\alpha_1$  равно  $\beta_1(\alpha_1)$ , второй степени тяжести –  $\beta_2(\alpha_1)$ , третьей степени тяжести -  $\beta_3(\alpha_1)$  и т.д., от события  $\alpha_n$ , соответственно  $\beta_1(\alpha_n)$ ,  $\beta_2(\alpha_n)$  и  $\beta_3(\alpha_n)$ . В этом случае вероятность развития профессиональных заболеваний первой степени определяется по выражению

$$P_1 = [P_{\alpha_1} \cdot \beta_1(\alpha_1) + \dots + P_{\alpha_n} \cdot \beta_1(\alpha_n)] \cdot P_{1\beta\alpha}.$$

Вероятность развития профессиональных заболеваний второй степени равна

$$P_2 = [P_{\alpha_1} \cdot \beta_2(\alpha_1) + \dots + P_{\alpha_n} \cdot \beta_2(\alpha_n)] \cdot P_{2\beta\alpha}.$$

Вероятность развития профессиональных заболеваний третьей степени равна

$$P_3 = [P_{\alpha_1} \cdot \beta_3(\alpha_1) + \dots + P_{\alpha_n} \cdot \beta_3(\alpha_n)] \cdot P_{3\beta\alpha}.$$

Если при  $m$  событиях развилось  $m_{\beta\alpha}$  профессиональных заболеваний, причем из них  $m_{\beta 1}$  – первой степени,  $m_{\beta 2}$  – второй степени и  $m_{\beta 3}$  – третьей степени, тогда

$$P_{1\beta\alpha} = \frac{m_{\beta 1}}{m_{\beta\alpha}}, P_{2\beta\alpha} = \frac{m_{\beta 2}}{m_{\beta\alpha}}, P_{3\beta\alpha} = \frac{m_{\beta 3}}{m_{\beta\alpha}}.$$

Статистическую модель оценки профессионального риска через степень заболевания можно записать в виде:

$$R = \sum_i C_i P_i,$$

где  $C_i$  – степень развития заболевания,  $P_i$  – вероятность  $i$ -й степени заболевания.

Можно рассмотреть следующие события, имеющие влияние на уровень вибрационного заболевания среди работников основных профессий горнодобывающих предприятий:  $\alpha_1$  - профессия больного – водитель большегрузного карьерного автосамосвала;  $\alpha_2$  - профессия больного - машинист экскаватора;  $\alpha_3$  – профессия больного - бульдозерист;  $\alpha_4$  - профессия больного - машинист буровой установки. Среди работников других профессий вибрационная болезнь не выявлена. В табл. 1 - 3 приведены суммы всех событий и рассчитаны доли каждого из них в виде вероятности  $P_\alpha$  возникновения  $\alpha$  - события.

Таблица 1

## Вероятности развития вибрационной болезни

События, $\alpha_n$	Количество случаев заболевания работников			$P\alpha_n$	$P_{\beta_1\alpha_n}$	$P_{\beta_2\alpha_n}$	$P_{\beta_3\alpha_n}$
	Всего	1 степени $\beta_1(\alpha_n)$	2 степени $\beta_2(\alpha_n)$				
$\alpha_1$	65	4	61	0,591	0,062	0,938	0,000
$\alpha_2$	15	2	13	0,136	0,133	0,867	0,000
$\alpha_3$	19	0	19	0,173	0,000	1,000	0,000
$\alpha_4$	11	0	11	0,100	0,000	1,000	0,000

Вероятность того, что вибрационная болезнь развивается среди водителей большегрузных автосамосвалов равна 0,591; вероятность заболевания бульдозеристов – 0,173, машинистов экскаваторов – 0,136.

Далее произведена оценка вероятности развития заболевания определенной степени от рассматриваемого фактора ( $\alpha$ ). Наиболее высока вероятность развития вибрационной болезни первой степени среди машинистов экскаваторов; вибрационной болезни второй степени – среди всех работников; вероятность развития вибрационной болезни третьей степени среди работников основных профессий равна нулю.

Вероятности  $i$ -й степени развития вибрационной болезни от всех событий следующие: вероятность  $P_1$  развития вибрационной болезни первой степени среди работников основных профессий равна 0,003; вероятность  $P_2$  второй степени – 0,894; вероятность  $P_3$  третьей степени равна нулю. Риск заболевания работников вибрационной болезнью высок, он составляет 0,897.

Из табл. 2 следует, что наиболее высокой является вероятность потери слуха среди водителей автосамосвалов, почти в 7 раз меньше вероятность «заработать» болезни, связанные с потерей слуха, у бульдозеристов. У водителей большегрузных автосамосвалов вероятности «заработать» нозологические формы «тугоухость» третьей степени и «неврит слуховых нервов» выше, чем у работников других основных профессий горнодобывающих предприятий.

Таблица 2

## Вероятности профессиональных потерь слуха от шума

События, $\alpha_n$	Количество случаев заболевания работников					$P\alpha_n$	$P_{\beta_1\alpha_n}$	$P_{\beta_2\alpha_n}$	$P_{\beta_3\alpha_n}$	$P_{\beta_4\alpha_n}$
	Всего	Тугоухость			Неврит слуховых нервов, $\beta_4(\alpha_n)$					
		1 степени, $\beta_1(\alpha_n)$	2 степени $\beta_2(\alpha_n)$	3 степени $\beta_3(\alpha_n)$						
$\alpha_1$	27	19	6	1	1	0,844	0,704	0,222	0,037	0,037
$\alpha_2$	1	1	0	0	0	0,031	1,000	0	0	0
$\alpha_3$	4	2	2	0	0	0,125	0,500	0,500	0	0

Вероятность того, что среди водителей автосамосвалов, машинистов экскаваторов и бульдозеристов может развиваться профессиональная болезнь «тугоухость» любой степени равна 0,473; 0,063 и 0,001 соответственно, вероятность развития болезни «неврит слуховых нервов» равна 0,001. Риск потери слуха от воздействия шума на работников перечисленных профессий составляет 0,537.

**Вероятности заболевания работников профессиональными заболеваниями,  
связанными с производственным микроклиматом**

События, $\alpha_n$	Количество случаев заболевания работников				$P_{\alpha_n}$	$P_{\beta_1\alpha_n}$	$P_{\beta_2\alpha_n}$	$P_{\beta_3\alpha_n}$
	Всего	Остеохон- дроз, $\beta_1(\alpha_n)$	Радикуло- патия, $\beta_2(\alpha_n)$	Артроз, $\beta_3(\alpha_n)$				
$\alpha_1$	51	9	34	8	0,680	0,176	0,667	0,157
$\alpha_2$	11	2	8	1	0,147	0,182	0,727	0,091
$\alpha_3$	6	3	3	0	0,080	0,500	0,500	0
$\alpha_4$	5	1	4	0	0,067	0,200	0,800	0
$\alpha_6$	2	1	1	0	0,027	0,500	0,500	0

В табл. 3 приведены сведения о распределении профессиональных заболеваний, связанных с охлаждающим микроклиматом, среди профессиональных групп рабочих горнодобывающих предприятий. Профессия водителя автотранспорта в условиях открытых горных работ на Севере является самой опасной в смысле развития заболеваний, связанных с охлаждающим микроклиматом, вероятность заболевания равна 0,680, что в 4 раза и более превышает аналогичный показатель по другим профессиям. Профессия бульдозериста и прочие профессии, не попавшие отдельным списком в перечень исследуемых профессий, равновероятны при заболевании остеохондрозом. Вероятность развития радикулопатии высока среди работников всех профессий, однако профессии машиниста буровой установки соответствует максимальное значение вероятности, равное 0,8. Риск развития артроза выше среди водителей автосамосвалов, почти вдвое меньше среди машинистов экскаваторов. В целом по предприятиям вероятность развития радикулопатии выше, чем других профессиональных заболеваний, она составляет 0,444. Риск развития профессиональных заболеваний, связанных с охлаждающим микроклиматом, составляет 0,504.

Следующим показателем, подлежащим аналогичному исследованию, является возраст работников. Вероятность того, что среди работников в возрасте 46-53 года будут больные вибрационной болезнью равна 0,427. При этом развитие вибрационной болезни первой наиболее вероятно среди работников в возрасте 39-46 лет, второй степени – среди работников в возрасте 46 лет и более.

Для работников предприятий наиболее неблагоприятной возрастной группой является 53-60 лет, так как вероятность снижения слуха составляет 0,5, затем следует возрастная группа 46-53 года с вероятностью 0,375 и замыкает список возрастная группа 39-46 лет. При этом самая высокая вероятность заболевания тугоухостью первой степени приходится на группу 39-46 лет, второй степени – на группу 46-53 года и третьей степени – на возрастную группу 53-60 лет, т.е. с увеличением возраста работников растет и степень тяжести профессионального заболевания. Профессиональному заболеванию «неврит слуховых нервов» наиболее подвержены работники возрастной группы 53-60 лет, причем, чем меньше возраст работников, тем меньше вероятность развития заболевания.

Возрастная группа 53-60 лет является самой опасной в смысле развития профессиональных заболеваний, связанных с охлаждающим микроклиматом, вероятность заболевания работников основных профессий равна 0,427. Надо заметить, что вероятность заболевания уменьшается со снижением возраста работников. Наиболее уязвимыми являются работники возрастной группы 39-46 лет, вероятность развития остеохондроза среди них равна 0,286, чуть меньше вероятность развития данного заболевания среди

работников в возрасте 46-53 года. Вероятность развития радикулопатии одинаково высока среди работников двух возрастных групп – 46-53 года и 53-60 лет (выше 0,68). Вероятность развития артроза выше среди работников в возрасте 39-46 лет, хотя разница с остальными возрастными группами невелика. Вероятность развития профессиональных заболеваний среди работников до 39 лет равна нулю.

Следующий показатель – стаж работника во вредных производственных условиях. Установлено, что самой высокой является вероятность развития вибрационной болезни при стаже работы от 16 до 20 лет (0,345). На данную группу стажа и на группу 12-16 лет приходится заболевание первой степени тяжести (вероятности заболевания равны 0,105 и 0,1 соответственно). Вероятность развития вибрационной болезни второй степени высока среди работников всех групп, равновероятными (вероятность приближается к 1) являются группы стажа от 8 до 12 и от 20 до 24 лет.

Наиболее высокой является вероятность потери слуха среди работников со стажем выше 16 лет (0,344), по остальным группам стажа наблюдается тенденция: чем меньше стаж, тем меньше вероятность заболевания одной из нозологических форм, связанных со снижением или потерей слуха. Довольно высокой является вероятность развития тугоухости (первая степень) среди всех работников, имеющих стаж более 8 лет. Работники, принадлежащие группе стажа от 16 до 20 лет, являются более уязвимыми: вероятность развития заболевания второй и третьей степени равна 0,375 и 0,125 соответственно). Развитие профессионального заболевания «неврит слуховых нервов» вероятнее среди работников, имеющих стаж 12-16 лет.

Вероятность развития профессиональных заболеваний, связанных с охлаждающим микроклиматом, среди работников, относящихся к группам стажа 16-20 и 20-24 года, равна 0,333, причем вероятность растет с увеличением стажа работников. Сравнительно высоки вероятности заболевания остеохондрозом работников со стажем 4-8 лет и 12-16 лет, артрозом – со стажем 8-12 лет. Вероятность развития радикулопатии выше 0,5 у работников со стажем работы более 5 лет на горнодобывающих предприятиях Севера.

Таким образом, неблагоприятная ситуация с профессиональными заболеваниями в условиях горнодобывающих предприятий Севера складывается по вибрационной болезни (риск заболевания работников равен 0,9), затем следуют болезни, связанные со снижением слуха под воздействием производственного шума и болезни, связанные с охлаждающим микроклиматом (риск заболевания по 0,5). Водители большегрузных автосамосвалов являются самыми подверженными вредным условиям производства: риск развития вибрационной болезни равен 0,6; болезней, связанных с потерей слуха – 0,8 и таких профессиональных заболеваний, как радикулопатия, остеохондрозы, артрозы – 0,7. Работники основных профессий в возрасте старше 45 лет имеют равные шансы «заработать» одно из профессиональных заболеваний, вероятность заболевания выше среди работников со стажем от 15 лет.

Тенденция к росту вероятности развития профессиональных заболеваний среди работников основных профессий по годам (рис. 3), а также нестабильная ситуация по отдельным нозологическим формам (рис. 4) подтверждают необходимость разработки эффективных методов анализа и оценки условий труда, в том числе методов определения фактических значений опасных и вредных факторов на рабочих местах.

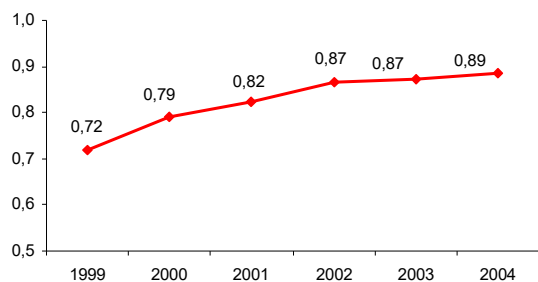


Рис. 3. Динамика вероятности развития профессиональных заболеваний

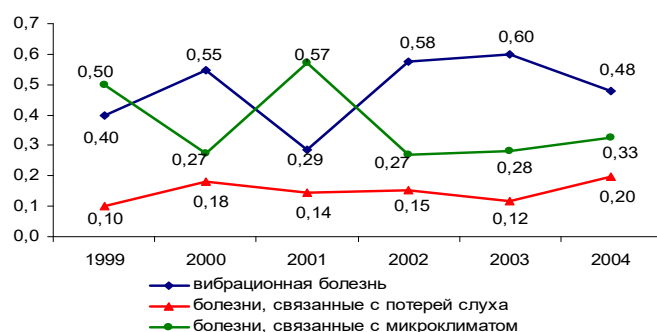


Рис. 4. Динамика вероятностей профессиональных заболеваний по нозологическим формам

### Литература

1. Молодкина Н. Профессиональный риск и защита здоровья работающих // Пенсионная реформа в России: оценка специалистов / Под ред. В.Н. Баскакова, А.С. Орлова, 1999.

## ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС КАК ОБЪЕКТ ОПТИМИЗАЦИИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Зарипова С.Н., к.ф.-м.н., доцент,  
Технический институт (филиал) ЯГУ, г. Нерюнгри

Особенность функционирования экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК) состоит в том, что в процессе выемочно-погрузочных работ, транспортирования и отвалообразования (ВПРТО) единой цепочкой связываются процессы, происходящие с горно-транспортным оборудованием и работниками их обслуживающими, на которые накладываются горно-геологические, природно-климатические, погодные и организационные условия, создающие во многих случаях неопределенность и непредсказуемость развития процессов. Все это приводит к необходимости принятия управленческих решений, выбора параметров и режимов работы горно-транспортного оборудования, выбора технических средств, в наибольшей степени соответствующих эффективным и безопасным условиям работы. Совершенное горно-транспортное оборудование, передовая технология горнодобывающего процесса, высокая культура производства и отличное медицинское обслуживание персонала зачастую не дают ожидаемого эффекта в сложных неопределенных условиях производства, что, тем более,



недостижимо на предприятиях в условиях экономического кризиса, отсталой технологии и устаревшего оборудования.

В научном отношении проблемы эффективного и безопасного функционирования ЭАК находятся на различном уровне развития ввиду отсутствия комплексного подхода к их решению. В этом отношении может быть приведено сравнение методов решения двух проблем: 1) оптимизации работы ЭАК и 2) безопасного функционирования ЭАК. Обе относятся к динамическим системам по признакам развития во временной области и изменению взаимодействия переменных. Однако, если формализация и моделирование оптимального управления ЭАК в достаточно полной мере разработано на основании методов моделирования сложных систем, то общие теоретические принципы безопасного функционирования ЭАК пока не совершенны. Это не позволяет создавать прикладные алгоритмы и компьютерные программы по моделированию безопасной работы ЭАК. Совершенно недостаточно также развитие проблемы управления ЭАК в условиях неопределенности, что крайне необходимо для горнодобывающих предприятий Севера.

Проблема повышения безопасности ЭАК горнодобывающих предприятий представляет собой совокупность технических, технико-экономических и социальных задач, для решения которых необходимо использование информационных технологий и компьютерных систем, позволяющих в режиме реального времени получать необходимые результаты для принятия управленческих решений (рис. 1).

Функционирование ЭАК происходит в соответствии с технологическими процессами, предусматривающими последовательное выполнение определенных операций, связанных с положением карьера, горно-геологическими, климатическими и организационными условиями, используемым горно-транспортным оборудованием. В процессе выполнения технологических операций происходит качественное преобразование входного возмущения в выходное с заданными параметрами. Таким образом, функционирование ЭАК происходит в определенном стохастическом пространстве, обусловленном рядом условий. В общем виде работу ЭАК можно представить в виде блок-схемы (рис. 2).

Структурно совокупность технологических процессов ЭАК представляет собой пересекающиеся множества операций и горно-транспортного оборудования, образующих единое множество, предназначенное для безопасного выполнения определенного объема работ.

На технологические процессы, как на динамическую систему, действуют возмущения в виде входного вектора, представляющего собой совокупность показателей объекта преобразования (объем, масса, плотность и др.). Выходной вектор представляет собой совокупность показателей результатов воздействия технологии (объем, состав полезного ископаемого и др. показатели). Кроме основного входного вектора на процессы ВПРТО воздействует вектор возмущений в виде горно-геологических, горнотехнических, погодноклиматических, организационных условий, оказывающих, как положительное, так и отрицательное воздействие на выходной вектор. Для компенсации отрицательных последствий от вектора возмущений, а также для управления процессами, на работу ЭАК воздействует вектор управления, составляющими которого являются, как действующие оперативные мероприятия, так и различные тактические и стратегические решения по выбору операций и горно-транспортного оборудования, приводящие к необходимым показателям выходного вектора. Вектор управления должен обеспечить добычу заданного объема полезного ископаемого при условии обеспечения безопасности производства.

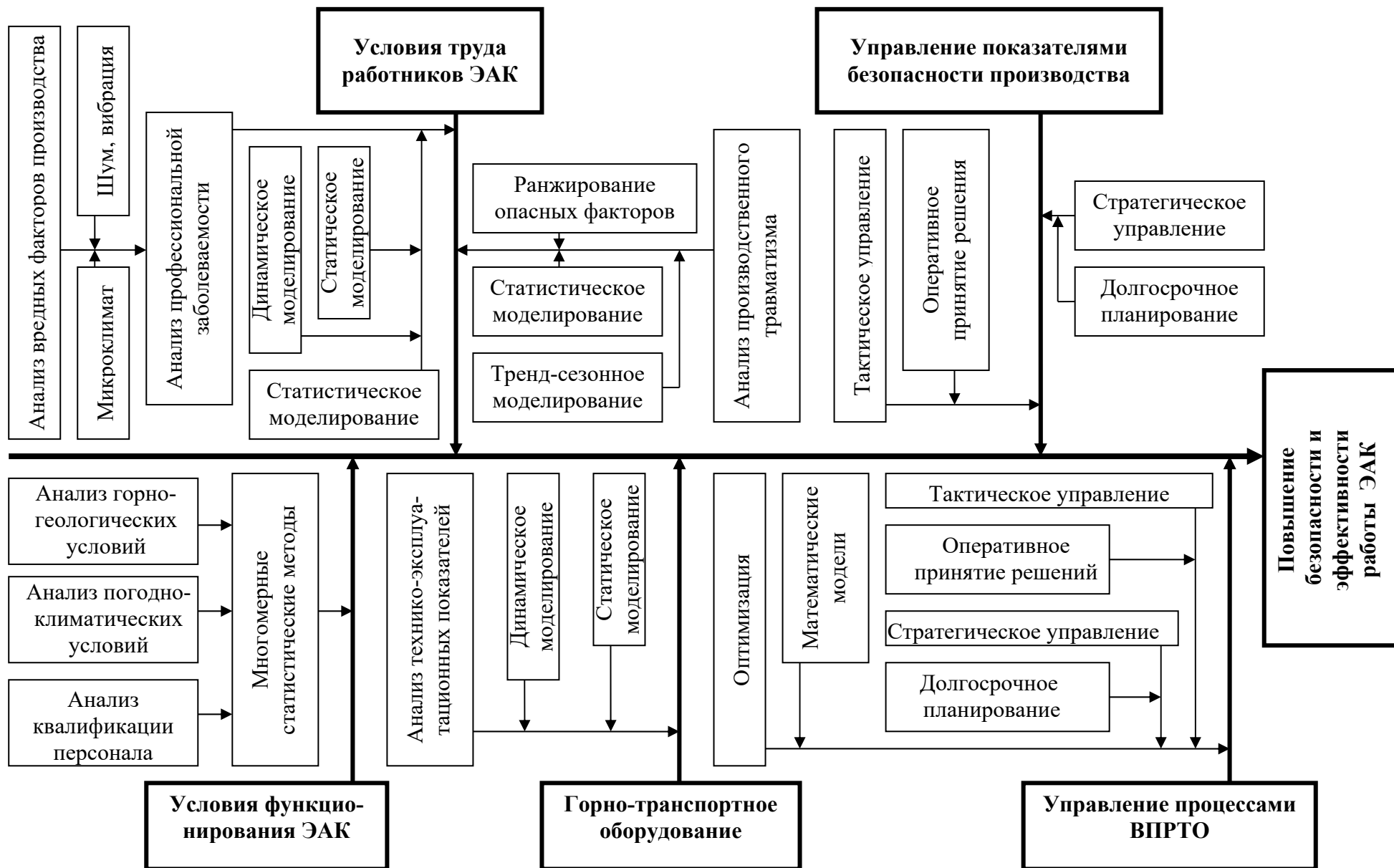


Рис. 1. Схема взаимодействия методов исследований при решении проблемы повышения безопасности и эффективности ЭАК

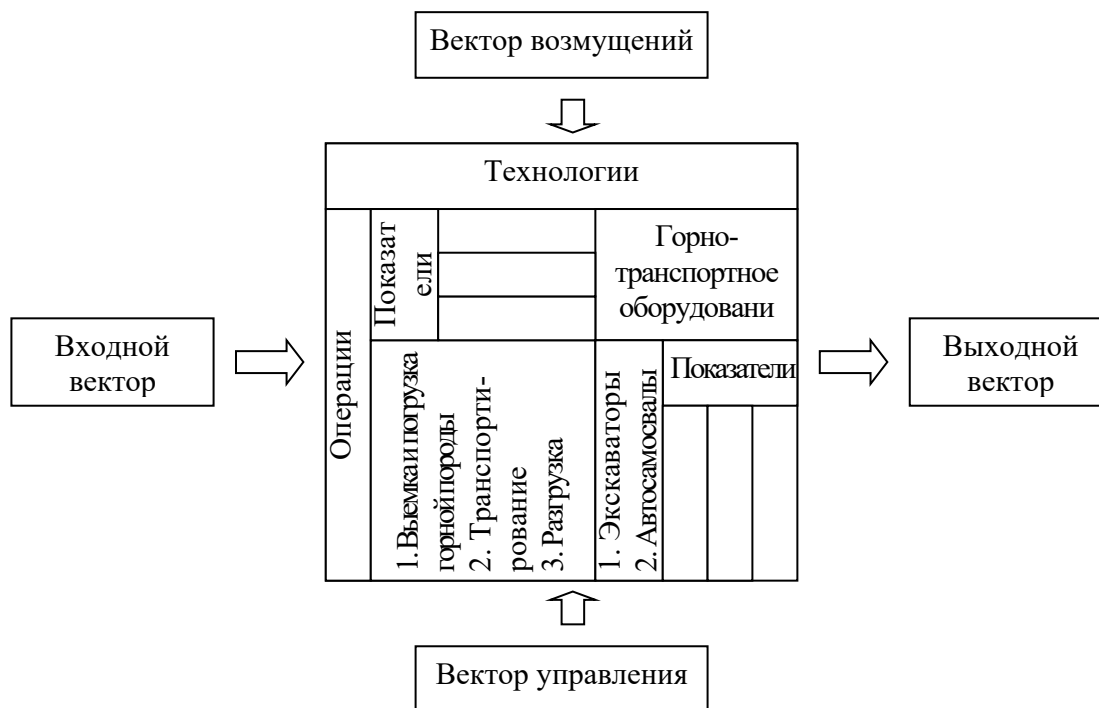


Рис. 2. Блок-схема функционирования ЭАК

В общем плане методологии исследований технологические процессы горнодобывающего производства относятся к сложным системам управления. Для моделирования безопасного функционирования ЭАК и оптимизации технологических процессов необходимо выполнить разработки по их структурной и аналитической формализации, обоснованию критериев и способов их оценивания, алгоритмизации и программированию задач. Такие разработки могут быть оформлены в виде автоматизированных рабочих мест специалистов по различным направлениям производства, и представлять универсальный инструмент для моделирования, расчетов вариантов и принятия решений на все временном интервале развития технологических процессов ЭАК.

Управление технологическими процессами ЭАК выполняется путем принятия управленческих решений. Так как такие решения принимаются в условиях случайных возмущений и неопределенности, то необходимо иметь количественные модели, гарантирующие с определенной вероятностью минимальность возможного ущерба в критических ситуациях. Такая разработка может быть выполнена на основе современного развития статистических методов.

УДК 622.281.4

## ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ НА РУДНИКАХ СЕВЕРА

Иудин М.М., к.т.н., доцент,

Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск, Iudin@igds.ysn.ru

Стратегия рационального освоения рудных минерально-сырьевых ресурсов Севера основывается на подземном способе разработки месторождений, специфические условия эксплуатации, которых заключаются в наличии криолитозоны, сурового климата, слаборазвитой инфраструктуры [1]. Основными факторами, определяющими возникновение различных криогенно-технологических осложнений при подземной добыче полезных

ископаемых на рудниках Севера, являются: температура мерзлых пород и шахтного воздуха и их знакопеременность по времени; суровые природно-климатические условия; обводненность месторождений [2].

Перспектива развития освоения минеральных ресурсов, принятая в Республике Саха (Якутия) до 2020 года, предполагает строительство новых подземных рудников на кимберлитовых месторождениях (рудник «Мир», рудник «Удачный», рудник «Айхал» и др.). Добыча руды из кимберлитовых трубок глубоких горизонтов будет осуществляться их вскрытием вертикальными стволами. Безаварийная эксплуатация вертикальных стволов – гарантия успешной деятельности подземного рудника, что накладывает дополнительные требования к устойчивости вертикальных стволов, проходимых в разных геокриологических условиях криолитозоны.

В районах распространения сплошной мерзлоты обычно выделяют три зоны по мощности многолетнемерзлого слоя, которые отличаются формированием температурного режима в породном массиве. Первая зона относится к верхнему слою массива горных пород, прилегающих к дневной поверхности, и называется зоной сезонных годовых колебаний температуры пород. В горных породах первой зоны температурные колебания обусловлены внешними факторами (тепловым и климатическим режимом земной атмосферы, солнечной радиацией и т.д.). Мощность данной зоны составляет 10...20 м в зависимости от географического расположения месторождения полезных ископаемых и природных условий в районе залегания рудного тела. Вторая зона наибольшая по мощности многолетнемерзлого состояния горных пород и представляющая значительный интерес при анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива вокруг вертикальных выработок называется зоной естественного распределения температурного поля с нулевым годовым колебанием. В этой зоне практически отсутствует тепловое влияние внешней атмосферной среды и тепла глубинных недр Земли. Третья зона является переходной областью (мерзлое состояние горных пород) между зоной естественного распределения температурного поля и талым массивом горных пород ниже многолетней мерзлоты. Температура пород в этой зоне независимо от различных факторов имеет значения близкие к нулевой изотерме, мощность переходной зоны существенным образом зависит от величины теплового потока, идущей от ядра Земли и горногеологических условий.

При проведении вертикальной выработки, которая обычно пересекает всю толщу многолетнемерзлых горных пород, изменение НДС приконтурного слоя породного обнажения будет происходить неодинаково по зонам мерзлоты вследствие различного влияния температурного фактора на геомеханические процессы в массиве вокруг выработки.

В первой зоне, которая в основном сложена дисперсными грунтами, четвертичными отложениями, формирование НДС в мерзлой части промерзающих дисперсных пород связано с развитием таких сложных физико-химических процессов, как кристаллизация поровой влаги и распучивание породы, миграция незамерзшей воды, расклинивающее действие тонких пленок воды и другие возможные факторы и явления. В данной зоне роль температурного фактора весьма значительна в формировании НДС массива пород при проведении выработки.

Во второй зоне формирование НДС массива многолетнемерзлых горных пород в зоне естественного распределения температурного поля вокруг вертикальной выработки существенным образом будет определяться термомеханическим взаимодействием с тепловым режимом в выработке. Будем считать, что действуют две силы, влияющие на НДС массива: гравитационная сила, обусловленная силой тяжести вышележащих горных пород, и термомеханические напряжения, обусловленные изменением естественного температурного поля горных пород. Если рассматривать НДС массива только от гравитационной силы, то

концентрация напряжений на контуре породного обнажения появляется с образованием полости (выработки) в породах. Температурный фактор (например, тепловое воздействие вентиляционного воздуха на естественный температурный режим приконтурного слоя мерзлых пород) вызывает появление термомеханических напряжений в породном массиве. Температурная зависимость физико-механических свойств и температурное расширение горных пород увеличивает или снижает общую концентрацию напряжений на поверхности в зависимости от времени проведения выработки и носит сезонный, циклический характер. При проведении вертикального ствола в холодный период времени, когда температура воздуха в выработке бывает значительно ниже естественной температуры пород, приконтурный слой переохлаждается и это вызывает увеличение концентрации напряжений. Если выработка проводится в летний период, когда в ствол поступает вентиляционный воздух с положительной температурой, то вокруг выработки имеем процесс протаивания мерзлых пород. Это приводит к качественно новому перераспределению НДС на контуре породного обнажения, обусловленной изменением геомеханической ситуации вследствие температурной зависимости физико-механических свойств мерзлых пород, особенно при переходе их в талое состояние. Термомеханические процессы в зависимости от сезона года периодически меняются в многолетнемерзлом породном массиве в окрестности выработки, особенно при длительной эксплуатации вертикального ствола.

Месторождения полезных ископаемых на Севере располагаются на огромной территории от Архангельской области до Чукотки на востоке с весьма разными геокриологическими условиями. Если рассмотреть геокриологические условия, то необходимо отметить, что в районе Воркуты и Норильска распространена островная, многолетняя мерзлота небольшой мощности 40...60 м с естественной температурой грунтов - 2...-3°C на глубине 15...20 м от дневной поверхности. Породы, слагающие мерзлый массив горных пород, состоят из четвертичных отложений: супеси, песка, глинистых брекчий, галечников. В то время как на месторождениях Северо-Востока нижняя граница многолетней мерзлоты проходит на глубине 400...800 м, а температура горных пород достигает -6...-10°C. Состав и строение горных пород, слагающих многолетнемерзлый массив, значительно разнообразнее и включает такие породы как песчаники, известняки, мергели, доломиты, алевролиты и т.д. Поэтому в этих условиях наиболее сильно влияние температурного фактора на геомеханические процессы в многолетнемерзлом массиве пород вокруг выработок. Рассмотрим наиболее характерные месторождения по геокриологическим условиям в разных регионах Севера. Сурьмяное месторождение Сарылах (Якутия) располагается в зоне распространения многолетнемерзлых горных пород. Нижняя граница массива многолетнемерзлых горных пород проходит на глубине 200-300 м от дневной поверхности [3]. Геотермический градиент составляет 0,025-0,035 град/м. Температура горных пород на глубине нулевых годовых колебаний температуры изменяется в районе рудного тела от -6,4°C до -8,1°C. Глубина сезонного протаивания колеблется в пределах от 0,2 м до 2,6 м [4]. Кимберлитовые месторождения (Якутия): трубка «Мир» открыта в 1953 г., а трубка «Интернациональная» открыта в 1969 г. Геологические и геокриологические условия этих месторождений в основном одинаковые, т.к. расположены недалеко друг от друга [3]. Обе трубки прорывают терригенно-карбонатные и галогенно-карбонатные отложения нижнего палеозоя и с поверхности перекрыты мезозойскими осадками. Залегание осадочных пород горизонтальное, с пологим падением. Месторождения находятся в зоне сплошного развития многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью более 300 м. Мощность ее определяется кровлей метегеро-ичерского водоносного комплекса (МИВК). Нулевая изотерма проходит на глубине 720-740 м. Наиболее низкие температуры в зоне ММП (-3°C) находятся на глубине 5-8 м. С глубины 10-12 м температура повышается. Трубка «Удачная»

расположена в области развития многолетнемерзлых пород (ММП). Мощность массива многолетнемерзлых горных пород составляет 800-1000 м. Наиболее низкие температуры зоны ММП  $-3,2...-7,4^{\circ}\text{C}$  приурочиваются к приповерхностной части дневной поверхности. Трубка «Айхал» располагается в районе развития многолетней мерзлоты; нижняя граница мерзлых (льדיстых) пород, по данным геофизических исследований (ГИС), находится на глубине 340-450м. Мощность криолитозоны на месторождении составляет 720м с температурным градиентом  $0,8-1,2^{\circ}\text{C}$  на каждые 100м глубины.

Анализ исследований по проблемам горного дела на Севере показывает, что геокриологические условия месторождений полезных ископаемых изучаются в плане влияния на устойчивость горных пород вокруг горных выработок при подземной разработке. При этом в геокриологические условия включаются следующие параметры: температура, льдистость, влажность горных пород, мощность мерзлоты. Геомеханические особенности при влиянии геокриологических условий заключаются в учете температурной зависимости механических и прочностных свойств горных пород, в изучении влияния образования зоны протаивания в многолетнемерзлом массиве горных пород вокруг горной выработки при ее проветривании в летний период на устойчивость породного обнажения.

#### **Литература**

1. Необутов Г.П., Маликов Е.Ф. Современное состояние и тенденции развития подземной добычи руды // Наука и образование. 2004. №1. С. 5-8.
2. Воронов Е.Т., Воронов Д.Е., Бондарь И.А. Влияние температурного фактора на процессы ведения подземных горных работ в условиях вечной (многолетней) мерзлоты // Известия вузов. Горный журнал. 2006. №4. С. 55-62.
3. Условия эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых / В.Н. Скуба, И.В. Авксентьев, М.А. Викулов и др. Новосибирск: Наука, 1982. 144 с.
4. Безносков Г.Ф., Боева О.И., Жирков Е.П. и др. Состояние и пути сохранения добычи и производства сурьмы в Республике Саха (Якутия). Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1999. 84 с.

### **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛДАНСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА**

Кузьменко С.В., Алданское ОСБ №1049 СБ РФ, г. Алдан

Алданский горнопромышленный район является одним из старейших промышленных районов Якутии. Он был образован 5 мая 1930 года. Алданский горнопромышленный район (АГПР) расположен в южной части Республики Саха (Якутия), занимает территорию площадью 156,8 тыс. км<sup>2</sup>. Основу минералогического потенциала составляют здесь месторождения золота, платины, флогопита, графита, апатита, вермикулита, молибдена, урана, горного хрусталя, камнецветного сырья, строительных материалов и подземного минерального сырья. Остальные по различным причинам остаются в госрезерве либо добываются в ограниченном количестве. Несмотря на обширный спектр видов минерального сырья и внушительный минералогический потенциал АГПР, в целом его экономика в основном связана с разработкой месторождений золота.

**Россыпное золото.** Добыча золота сконцентрирована в Центрально-Алданском и в небольших объемах проводится в Верхне-Амгинском, Тыркандинском, Учурском, Эвотынском золотоносных районах.

Лидирующее место по запасам (86%) и прогнозным ресурсам высоких категорий (P<sub>1</sub> – 74%, P<sub>2</sub> – 62%) АГПР принадлежит Центрально-Алданскому району (ЦАР). Числящиеся здесь запасы по отдельной добыче будут полностью реализованы в течение ближайших 7-8

лет. Реализация прогнозных ресурсов россыпного золота ЦАР в запасы для отдельной отработки позволят продлить добычу металла еще на 6-7 лет. Таким образом, в течение 10-15 лет будут реализованы запасы и ресурсы Россыпного золота, если при этом цены на золото не будут понижаться.

Определенную стабилизирующую роль в золотодобыче может иметь более широкое вовлечение в отработку глубоко залегающих россыпей (прежде всего в ЦАР), разведанные под дражную добычу и привлечения технологий извлечения мелкого и тонкого металла из технологических отвалов отработанных россыпей, и возможно из косовых аллювиальных отложений. По предварительным оценкам, в отвалах дражной и старательской добычи «осталось» 60-80 тонн золота. С целью недопущения разубоживания металла в эфельных отвалах отработанных россыпей необходимо запретить их рекультивацию до их полной отработки.

**Рудное золото.** Государственным балансом по Южной Якутии учтены 25 коренных месторождений золота, содержащих 50,8% промышленных запасов. Практически все запасы коренного золота, учитываемые госбалансом, сосредоточены в Алданском районе.

В структуре запасов, прогнозных ресурсов и добычи АГПР особое место занимает ЦАР, где сосредоточена вся добыча рудного золота, все балансовые запасы и около половины прогнозных ресурсов (в том числе около 90% категории P<sub>1</sub> и 75% категории P<sub>2</sub>). Здесь выявлено наибольшее разнообразие промышленных типов: золотосульфидные руды лебединского и адуляр-кварцевые руды куранахского типов, золото-молебденит-браннеритовые оруденение эльконского типа, золото-порфиновые объекты рябиновского и самолазовского типов.

Общие балансовые запасы и прогнозные ресурсы рудного золота в ЦАР позволяют не снижать ранее достигнутого объема добычи, а увеличить его в 1,5 – 2 раза при соответствующих капитальных вложениях и реконструкции золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ), кардинальном решении вопросов, связанных с внедрением передовых способов извлечения золота (модульная переработка, кучное выщелачивание и т.д.). Отработка золоторудных месторождений в ЦАР методом кучного выщелачивания с успехом применяется на Куранахском рудном поле, на месторождении Самолазовском.

Важными практическими шагами в развитии золотодобычи могут быть широкое вовлечение в хозяйственный оборот крупных Надеждинского и Ключюского месторождений, развитие и строительство горнодобывающих предприятий на Н. Якокитском и Чайдахском рудных полях, совершенствование технологии переработки руд, выход на рентабельный уровень работ за счет прогрессивных технологий и освоения новых месторождений.

Основу перерабатывающей промышленности составляет производство ювелирных изделий (Н. Куранахский ювелирный завод), в настоящее время идет модернизация завода с целью увеличения производства ювелирных изделий и повышения их качества.

**Железные руды.** Все выявленные к настоящему времени промышленные месторождения и проявления, железных руд расположены на юге Якутии в пределах Алданского щита. По территориально-геологическим признакам они сгруппированы в девять железорудных районов, составляющих в совокупности Алданскую железорудную провинцию. Лучше других изучены Южно-Алданский и Чаро-Токкинский районы: на их территории выполнены значительные объемы поисковых и разведочных работ до детальной разведки включительно, а запасы по некоторым месторождениям утверждены еще ГКЗ СССР.

Весьма благоприятны для промышленного освоения условия в Южно-Алданском районе в силу его экономико-географического положения. Его основные месторождения – Таежное и Десовское – находятся в 4 и 45 км (соответственно) от северной ветки БАМа и в

100 – 130 км – от подготовленных к промышленному освоению месторождений коксующихся углей.

Запасы руд Таежного месторождения составляют 962,4 млн.т. по категории В + С<sub>1</sub> и 292,6 млн.т. – по категории С<sub>2</sub>. Из общего количества запасов 320,2 млн.т. категории В + С<sub>1</sub> могут быть отработаны открытым способом. Среднее содержание железа в них 39,8%. Руды легкообогатимы по основному компоненту. При флотационно-магнитном обогащении может быть получен концентрат с содержанием железа 67,6% (при выходе 47,1% и извлечении 82,7%). Содержание серы в концентрате 1,6%, оксида магния – 2,88%. Отдельные рудные тела на месторождении содержат соединения бора, выделяющиеся в процессе обогащения в кондиционный концентрат.

Запасы Десовского месторождения для открытой отработки составляют по категории В + С<sub>1</sub> 400,7 млн.т. со средним содержанием железа 26,7%. Руда легкообогатима: по технологической схеме, включающей сухую и мокрую магнитную сепарацию, получен концентрат с содержанием железа 66,7% (при выходе 29,6% и извлечении 75,6%). Содержание в концентрате серы – 1,3%, оксида железа – 2,7%.

**Редкоземельные металлы.** Потенциальными источниками ниобия, тантала и редкоземельных элементов являются также редкометалльные карбонатиты Южной и Юго-Восточной Якутии (массивы Горное Озеро, Арбарастах и др.). В Восточной Якутии известны районы, где широко развиты редкоземельные куларитовые россыпи, в том числе и техногенные, которые могут быть вовлечены в отработку при благоприятной конъюнктуре.

**Платина.** Платина распространена в западной и южной части Якутии, однако в промышленных концентрациях и масштабах она установлена в единственном россыпном месторождении «Инагли» (Центральный Алдан), которое осваивается с 1992 года. Изученность на территории на платину слабая, в силу чего прогнозная оценка на это полезное ископаемое невысокая и со временем может претерпеть изменения.

**Слюда.** Месторождения флогопита образуют компактную группу в границах экономически развитого АГПР. Балансовые запасы слюды по категории В + С<sub>1</sub> составляют около 350 тыс.т. Здесь же единственное в Якутии Инаглинское месторождение вермикулита, балансовые запасы которого по категории В + С<sub>1</sub> составляют 564 тыс.т. Добытое сырье может, перерабатывается во вспученный вермикулит, используемый в строительстве и гидропонике.

**Апатиты.** Недалеко от г. Алдана и в непосредственной близости от северной ветки БАМа детально разведано Селигдарское месторождение апатитовых руд с запасами фосфорного ангидрида в 85,6 млн.т. Среднее содержание в руде пяти окиси фосфора 6,7%. Технологическими исследованиями доказано возможность получать из апатитового концентрата аммофоса высшего сорта и плавящихся кальциево-магниевого фосфатов. При производстве последних могут использоваться дуниты расположенного вблизи Инаглинского месторождения.

**Минералы.** Из месторождений и проявлений цветных камней, обнаруженных в АГПР, в первую очередь необходимо назвать Инаглинское месторождение ювелирного хромдиоксида, единственное в России. Добывается этот редкостный по красоте минерал одновременно с отработкой вермикулитовых жил, объем добычи составляет 30-50 кг в год.

**Графит.** Благоприятны геологические перспективы на выявление промышленных месторождений графита. К настоящему времени в АГПР в зоне БАМа предварительно разведано месторождение «Чебере», выполнена детальная разведка Надеждинского месторождения. Запасы графита первого месторождения при бортовом содержании 3% составляют 1467 тыс. т. При среднем содержании 4,62%. Основная масса графита Надеждинского месторождения представлена его кристаллической модификацией.



**Неметаллические полезные ископаемые.** Потребность Якутии в строительных материалах в значительной мере обеспечены собственными минерально-сырьевыми ресурсами. Не существует проблем с обеспечением действующего или намечаемого к вводу производства минеральной ваты, керамзита, строительной извести, кирпича, строительного камня, гипса. Не остаются неудовлетворенными заявки промышленных и сельскохозяйственных районов на строительный песок, кирпичную глину, песчано-гравийную смесь. Подготовлены к промышленному освоению месторождения облицовочного камня (мрамора – «Марийка» и гранита – «Талое»).

**Энергетика.** АГПР обладает весьма крупным гидроэнергетическим потенциалом. При осуществлении крупного международного энергетического проекта «Россия – Китай» появится реальная возможность строительства ГЭС на реках Учур и Тимптон и экспорта электроэнергии в Китай и Японию.

Каскад на реке Учур состоит из двух ступеней: с высоконапорной плотиной (200м) над верхней Среднеучурской ГЭС и высоконапорной плотиной на контрбьефе. Проектная мощность Среднеучурской ГЭС может составить 3330 МВт при гарантированной мощности 1535 МВт. Годовая выработка электроэнергии составит 15 млрд. кВт · ч. Проектная мощность Учурской ГЭС составит 400 МВт при годовой выработке электроэнергии в 2,2 млрд. кВт · ч. Кроме того, существует проект строительства Инджекской ГЭС на реке Тимптон, мощностью 1000 МВт при выработке 4,8 млрд. кВт · ч. Суммарная ежегодная выработка электроэнергии на новых гидроэлектростанциях на реках Учур и Тимптон составит 22 млрд. кВт · ч, а установленная мощность – 5000 МВт, передаваться электроэнергия может по ЛЭП постоянного тока напряжением  $\pm 500$  -  $\pm 750$  кВ.

Реализация проекта по производству и передачи электроэнергии из АГПР в Китай и Японию потребует: на каскад ГЭС на реке Учур – 6,956 млрд. дол. США, на каскад ГЭС на реке Тимптон – 2,639 млрд. дол.; внутренняя норма прибыли проекта составит 13,3%, срок возврата капитала – 6,5 года.

В энергетической стратегии России прямо указано, что в развитии топливного комплекса страны Восточной Сибири и Дальнего Востока становятся приоритетными. Фактически речь идет о сдвиге основных нефтегазодобывающих центров государства на Восток. Именно здесь, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, сосредоточена значительная часть топливно-энергетических ресурсов Российской Федерации.

Одновременное вовлечение в разработку нефтяных и газовых месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока и строительство трубопроводной инфраструктуры позволят создать к 2015 году единую сеть промышленных центров по добыче, транспортировке и переработке нефти и природного газа. С одной стороны, это станет серьезной основой для расширения рынков сбыта в странах Азиатско-Тихоокеанского региона и важным инструментом в решении геополитических вопросов. С другой – приведет к ощутимым переменам в экономике, социальной жизни большинства субъектов Федерации и в том числе в АГПР.

Другим стратегическим направлением развития топливно-энергетического сектора является создание единой национальной сети России на Востоке и обеспечение выхода на экспортные рынки.

В настоящее время разрабатывается схема объединения энергосистем Северо-Восточной Сибири и Дальнего Востока. Создание единой национальной электрической сети России (ЕНЭС) на Востоке пройдет через узлы централизованного электроснабжения Красноярского края, Иркутской области, Республики Саха (Якутия), Магаданской и Амурской областей.

Важнейшим проектом, способным дать ускоренное развитие экономике республики и АГПР, и соседним регионов, а также увеличить экспорт электроэнергии в другие страны, является Южно-Якутский гидроэнергетический комплекс (ЮЯГЭК), который расположен в пределах АГПР.

По оценкам, затрат на строительство ЮЯГЭКа составляет около 8,2 млрд. долларов, первый гидроагрегат должен быть введен в 2013 году.

Все эти стратегические направления, безусловно, окажут большой эффект для повышения инвестиционной привлекательности топливно-энергетических проектов, создадут предпосылки для освоения месторождений других полезных ископаемых не только в АГПР, но и Республики Саха (Якутия), и даже в других субъектах Федерации, ускорят развитие новых промышленных отраслей, агропромышленного комплекса и обеспечат в целом надежную базу энергетической безопасности России.

Словом, диктуемый жизнью перенос топливно-энергетического центра России в Восточную Сибирь и на Дальний Восток не должен нас застать не подготовленными.

На современном этапе развития минерально-сырьевого комплекса АГПР существуют следующие глобальные тенденции: влияние негативных сторон рыночной экономики, замедления процесса обнаружения легкодоступных и качественных источников сырья; постепенное исчерпание ряда наиболее ограниченных сырьевых ресурсов; усложнение и удорожание подготовки новых сырьевых источников; снижение качественных характеристик разведываемых и осваиваемых месторождений, проявление экологических пределов ускоренного развития минерально-сырьевой базы.

В АГПР сложилась крайне напряженная обстановка с минерально-сырьевыми ресурсами, которая требует создания на базе глубокого анализа перспективной комплексной программы научных и практических действий, одной из первоочередных задач которой явилась бы восстановление воспроизводства, а следовательно, и потребление минерального сырья. А это, в свою очередь, потребует развития геологоразведочных работ, в основном в отношении тех полезных ископаемых, по которым ощущается дефицит или разведанные запасы которых не отвечают требованиям промышленности.

Таким образом, определенную роль в проведении минерально-сырьевой политики на современном этапе должна сыграть реализация недавно принятой Правительством РФ Государственной программы до 2010 года, в которой отражается:

- основные принципы внутренней и внешней сырьевой политики Российской Федерации;
- научно обоснованная потребность страны в минеральном сырье до 2010 и прогноз до 2020 года;
- показатели развития горнодобывающих отраслей;
- источники экспортно-импортных поставок минерального сырья, в том числе из стран СНГ;
- направления и объемы развития геологоразведочных работ на период до 2010 года и более отдаленную перспективу.

Естественно, что каждая из поставленных задач должна иметь четкую программу соответствия развиваемых направлений мировому уровню технологий.

## **ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА**

Марков В.С., к.т.н., с.н.с., доцент,  
Никулин Е.В., Хабытов А.С.,  
Горно-геологический институт ЯГУ, г. Якутск.

В данной статье рассматриваются комбайны, которые по своим техническим характеристикам могут найти применение при разработке месторождений Южно-Якутского угольного бассейна (при крепости угля  $f = 1-2$  и присекаемых пород  $f = 4-8$  по Протодьяконову) [1].

В настоящее время в России на смену ранее применявшихся комбайнов типа ГПКС, ГПУ пришли новые модели проходческих комбайнов КП-15, КП-20Б, КП-25, и, наконец, КП-21 отвечающие современным техническим требованиям [2].

Новокраматорский машиностроительный завод (Украина) предоставил на рынок комбайны П-110, П-220. Они выпускаются серийно и способны обеспечить проходку выработок увеличенного сечения с присечкой пород  $f < 8$ .

Проходческий комбайн П-110-01 (П-220) предназначен для механизации отбойки и погрузки горной массы при проведении выработок арочной, трапециевидной и прямоугольной форм сечения от 9 до 30 м<sup>2</sup> в проходке с углом наклона  $\pm 12^\circ$  по углю и смешанному забою с максимальным пределом прочности пород при одноосном сжатии 120 МПа ( $f=8$ ) и абразивностью до 18 мг в шахтах, опасных по газу и пыли.

АО "Ясиноватский Машиностроительный Завод", являющийся производителем популярного в СНГ проходческого оборудования, в декабре 2001 г. провел презентацию нового проходческого комбайна стрелового типа тяжелого класса - КСП-42, имеющего массу 75 тонн.

Заводом также выпускаются две обновленные модели комбайнов: средней серии - КСП-32 и легкой серии - КСП-22. На данный момент с конца 1998 г. выпущено 78 машин КСП-32, 11 из которых работают в Казахстане, 5 в России, остальные на Украине, в Венгрии и Иране. Масса этого комбайна составляет 45 тонн. Он предназначен для работ при проведении горизонтальных и наклонных выработок ( $\pm 12^\circ$ ) сечением от 10 м<sup>2</sup> в свету до 33 м<sup>2</sup> в проходке по углю и смешанному забою с пределом прочности разрушаемых пород до 8 единиц по шкале проф. Протодьяконова ( $\sigma_{сж}=100$  МПа). Мощность электродвигателя на исполнительном органе составляет 110 кВт.

За рубежом проходческие комбайны избирательного действия выпускают машиностроительные фирмы ФРГ, Великобритании, США, Японии, Австрии [2,3].

Нами выполнен анализ литературных источников по использованию зарубежных комбайнов избирательного действия за 10 лет [3,4]. Следует отметить, что в источниках, в основном, приводятся технические характеристики комбайнов и некоторые показатели производительности (скорость и объем проходки). Очень мало информации дается о показателях прочности разрушаемой комбайном горной породы, практически отсутствуют сведения о расходе режущих инструментов и данные о самих резцах.

В ФРГ пять машиностроительных фирм выпускают проходческие комбайны избирательного действия: "Паурат", "Зальциттер", "Вестфалия-Люнен", "Атлас Копко-Эйкгофф" и "Клэкнер-Бекорит".

В Великобритании выпускают комбайны избирательного действия две фирмы

“Андерсон Стресклайд” и “Доско Оверсиз Инжиниринг”. Они отличаются от комбайнов фирм ФРГ меньшей массой и установленной мощностью приводов.

В Японии фирмы “Насима Кансэцу” и “Мицум Миике” разработали проходческий комбайн МРН-200 для проведения выработок большого сечения в породах средней крепости ( $f=6-8$ ). Высота проводимой выработки 6,0 м, ширина 6,4 м, угол наклона  $\pm 15^0$

В Австрии концерн "VOEST-ALPINE Bergtechnik" является ведущим в мире производителем машин и оборудования для горной промышленности и туннелестроения. 90% продукции экспортируется за пределы Австрии. Комбайны избирательного действия фирмы серии ALPINE MINER во всем являются образцом качества и высокой производительности. В настоящее время более 2000 комбайнов этой серии успешно эксплуатируются в 50 странах мира, в том числе и в России [4].

В России фирма "VOEST-ALPINE Bergtechnik", а теперь объединенная фирма “ALPINE WESTFALIA” работает уже более 10 лет.

Проходческие комбайны зарубежного производства на шахтах Кузбасса представлены комбайнами АМ-50; 65 и 75 (всего 8 шт.), WAV-130/160 (1 шт.) австрийских и германских фирм, а также комбайнами фирмы "Джой" (12СМ15, 12СМ18) - 5 шт. Комбайны используются неудовлетворительно. Среднемесячные темпы проходки выработок зарубежными комбайнами за период их эксплуатации составили 98 м/мес., а на отдельных шахтах колеблются от 55 до 125 м/мес [5].

При этом наивысшей производительности комбайны достигают на 2-ой год работы, что еще раз подтверждает низкий уровень организации труда и сервисного обслуживания.

После 3-х лет эксплуатации показатели работы резко снижаются, а стоимость технических обслуживания и ремонтов резко возрастает. На рисунке показана динамика работы комбайнов в сопоставлении с комбайнами ГПК в зависимости от сроков их эксплуатации.

Относительно невысокие темпы выработок зарубежными комбайнами объясняются также тяжелыми условиями их эксплуатации (в частности, большим объемом присекаемых пород крупностью  $f < 8$ ), отсутствием в их составе пылеотсосов, высокопроизводительных перегружателей и средств механизации анкерной крепи. В связи с высокой стоимостью этого оборудования шахты вынуждены закупать у фирм только комбайны.

В качестве примера можно привести анализ работы отечественных и импортных комбайнов за 1995 - 2001 гг [6].

Среднемесячная нагрузка на комбайн типа ГПК за 1989 г. составила 173,7 м на работающий комбайн и 114,9 м на списочный.

В 1994 -1996 гг. компанией были приобретены 5 импортных комбайнов типа АМ-50 по цене около 9 млн. руб. за штуку. В то время цена отечественного комбайна ГПК не превышала 0,7 млн. рублей за штуку. Таким образом, вместо пяти комбайнов АМ-50 за 45 млн. руб. можно было приобрести  $45 : 0,7 = 64$  комбайна ГПК. В результате вместо проходки 7354 м в месяц или 88243 м в год пройдено за пять лет пятью! комбайнами АМ-50 15007 м. При этом среднемесячная нагрузка на импортный списочный комбайн составила  $15007 : 5 : 5 \times 12 = 50$  м/месяц, что в 2,3 раза ниже достигнутой на комбайн ГПК в 1989 г [6].

Из пяти комбайнов АМ-50 только один (зав.№ 755) с 1995 по 2001 гг. прошел 8210 м., что сопоставимо с результатом комбайна ГПК (зав. №1485, 1997 г. выпуска), который на шахте “Есаульская” за три года работы прошёл 8798 м горных выработок. Нарботка остальных импортных комбайнов за пять лет эксплуатации колеблется от 350 м (зав.№758) до 3554 м (зав.№756), что далеко не превышает аналогичную для комбайнов ГПК (данные из справок о наличии и использовании проходческой техники по шахтам “Абашевская”,

“Есаульская” и других шахт компании за июль 2001г.).

На шахте “Ульяновская” комбайн П-110 на проходке уклона сечением 25м<sup>2</sup> в свету по углю с присечкой аргиллитов прошёл за 11 мес. 1587 м выработки. Средние темпы 144,3 м /в месяц.

Работающий в аналогичных условиях на той же шахте комбайн 1ГПКС - 01 за 19 мес. прошёл 976 м выработки. Средние темпы 51,4 м /в мес.

Причём оба комбайна выпущены заводами в одно время - в июле 1999 г.

Стоимость комбайна П-110 - 6,6 млн. руб., а 1ГПКС-01 стоит 1,2 млн. руб. Разница в цене почти в шесть раз, а в пройденных метрах в 1,6 раза.

Аналогичный по стоимости и характеристикам комбайну П-110 комбайн Копейского завода КП-25 на проходке наклонного ствола сечением 25м<sup>2</sup> в свету по породе крепостью до 6 ед. и песчанику крепостью 7-8 ед. по Протодряконову за четыре месяца работы прошёл 354 м выработки. Средние темпы 88,5 м/ в месяц.

При этом комбайн эксплуатировался в условиях экстремальных, превышающих нормативы по прочности пород, заложенные в технической характеристике.

Приобретение импортного оборудования может быть оправдано только в случае закупки полного комплекта технологического оборудования (пример - шахта “Распадская” - комплект оборудования для очистных работ “лонгволсистем”) для горно-геологических условиях, полностью соответствующих техническим характеристикам оборудования. Однако и в этом случае пользователь оборудования попадает в зависимость от поставщика запасных частей.

Как показывает анализ литературных источников, в условиях Кузбасса пока ни один из импортных комбайнов не окупил себя в эксплуатации.

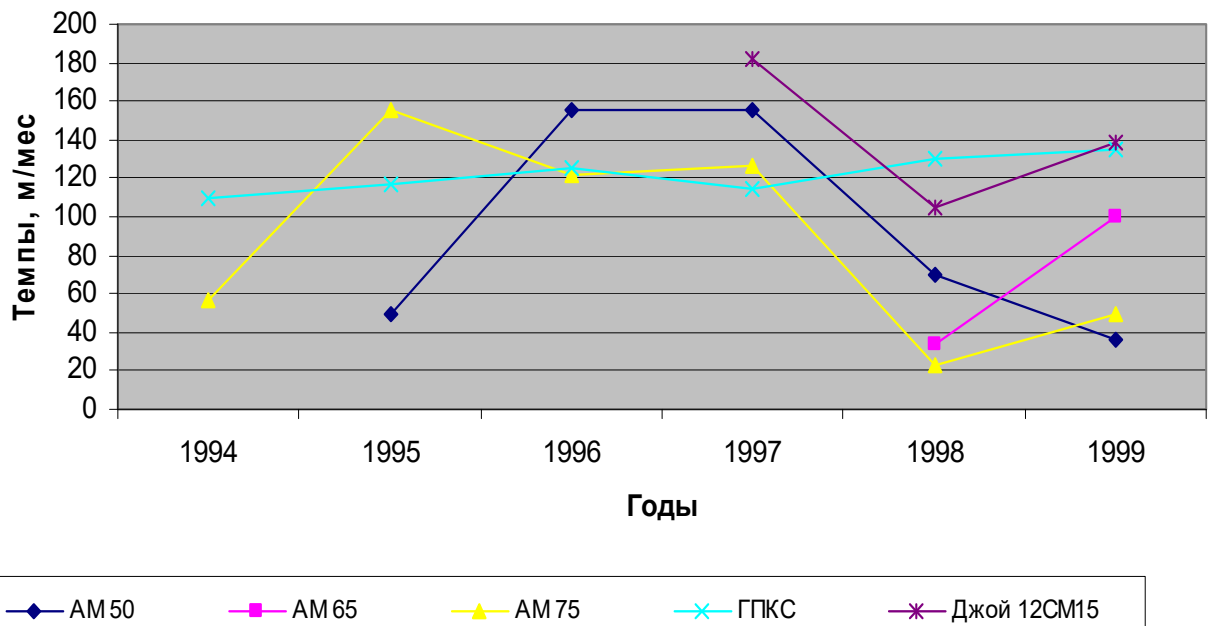
### **Выводы**

В анализируемых зарубежных литературных источниках, в основном, приводятся технические характеристики и некоторые показатели производительности (скорость и объем проходки). Мало сведений о прочностных свойствах разрушаемой породы, практически отсутствуют сведения о расходе режущих инструментов и о самих резцах. Мало сведений об опыте эксплуатации зарубежных комбайнов в России.

Как показал анализ опыта эксплуатации отечественных и зарубежных машиностроительных фирм ФРГ, Великобритании, США, Японии, Австрии для горно-геологических условий разработки месторождений Южно-Якутского угольного бассейна по своим техническим параметрам могут найти применение проходческие комбайны избирательного действия среднего типа (30-80т) такие как КП-20Б, КП-25, КП-21 (Россия), П-110 и П-110-01 (П-220) Новокраматорский машзавод, КСП-32 и КСП-42 Ясиноватский машзавод (Украина), ЕТ-250 “Атлас Копко-Эйкгофф), Е-200 (“Паураг”), ТМ-200 (“Зальцгиттер”), WAV-170 (“Вестфалия-Люмен”) фирмы ФРГ, РН-22 (“Андерсон Стресклайд”) Великобритания, АМ-65, АМ-75 (фирма “ALPINE WESTFALIA”) Австрия.

В настоящее время ни один импортный комбайн в России не окупил себя в эксплуатации, хотя как показывает опыт их эксплуатации на шахтах Кузбасса, надежность и ресурс в несколько раз превышают параметры отечественных проходческих комбайнов. Окупаемость проходческих комбайнов в условиях России можно достичь лишь при условии значительного повышения машинного времени работы комбайнов по проходке за счет применения высокопроизводительных перегружателей, забойных конвейеров, средств механизации возведения анкерной крепи и эффективных систем пылеулавливания, а также организации изготовления запасных частей на территории России и сервисного обслуживания.

## Динамика работы комбайнов



Приобретению того или иного типа зарубежного проходческого комбайна для эксплуатации в условиях РС (Я) должен предшествовать технико-экономическое обоснование об его окупаемости и детальное изучение опыта эксплуатации в других регионах России. При этом, учитывая высокую стоимость, основное внимание должно обращаться на требования надежности и ресурса работы зарубежного комбайна, соответствующие разнице в цене по сравнению с комбайном отечественного производства.

### Литература

1. Куренчанин В.К. Разработка угольных месторождений Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1971. 199 с.
2. Средства механизации проведения горных выработок на шахтах СССР и за рубежом: Обзор / ЦНИИЭИуголь. М., 1991. 88 с.
3. Реферативный журнал «Горное дело». 1990-2001 гг.
4. Тоннель проходческая техника фирмы Alpine. Voest Westfalia / Григорьев К.В. // Горная промышленность. 1995. №3. С. 21-22.
5. Франкевич Г.С., Григоренко Ю.Д., Винокуров Г.Ф. Анализ использования и состояния горно-проходческих машин на шахтах Кузбасса // Уголь. 2000. №4. С. 45-48.
6. Геомеханика и технологическое развитие подземной угледобычи в Кузбассе. Кемерово: ИУУ СО РАН, 2004. С. 305-308.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ВНУТРЕННЕГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ С СОЗДАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОТВАЛЬНЫХ ЕМКостей**

Панишев С.В., к.т.н., с.н.с., s.v.panishev@igds.ysn.ru,

Ермаков С.А., к.т.н., с.н.с., s.a.ermakov@igds.ysn.ru,

Осипова Н.Ф., s.v.panishev@igds.ysn.ru,

Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск

Разработка вскрышных пород пластовых месторождений по бестранспортной технологии характеризуется значительным разнообразием схем, отличающихся количеством оборудования, его расстановкой и способами экскавации.

Общим в этих схемах является наличие подготовленного пространства со стороны внутренних отвалов для укладки внешней и внутренней вскрыши (междупластья). Междупластье может разрабатываться как непосредственно с его кровли, так и с предотвала. Экскавация по этим схемам осуществляется с верхним и нижним черпанием, предусматривается последовательная расстановка оборудования (работа друг за другом). Основным недостатком применяемых схем экскавации являются значительные объемы переэкскавации, неадаптированность их к условиям месторождений зоны многолетней мерзлоты.

Характерным для месторождений криолитозоны является обязательная буровзрывная подготовка, смерзание пород после взрыва, невозможность работы с верхним черпанием, и максимальное приближение контура внутреннего отвала к рабочей зоне.

В этих условиях, ввиду отсутствия отвальных емкостей, отработка междупластья возможна только по транспортной технологии. Это влечет за собой значительные затраты и выбросы вредных веществ в атмосферу.

Исследованиями, проведенными в ИГДС СО РАН, показано, что в условиях сложноструктурных пластовых месторождений криолитозоны возможна выемка породного прослоя по бестранспортной технологии.

Предложен новый способ разработки многолетнемерзлых вскрышных пород позволяющий реализовать перераспределение объемов транспортной вскрыши (междупластье) на бестранспортную путем создания специальных отвальных емкостей в контуре внутреннего отвала.

Такое решение проблемы требует тщательного изучения горнотехнических условий разработки по фронту работ, предварительной оценки возможности укладки драглайном пород междупластья в конечный контур отвала в стесненных условиях нижней части рабочей зоны карьера и выделения участков бестранспортной отработки междупластья.

Предлагаемая технология отличается от известных тем, что на заранее определенных участках пригодных для отработки междупластья по бестранспортной системе разработки драглайн смещают на расчетную величину в сторону выработанного пространства и создают специальную отвальную емкость, предназначенную впоследствии для экскавации в нее объемов междупластья.

Возможность осуществления данного способа выкладки пород междупластья во внутренний отвал зависит от горнотехнических условий разработки, параметров рабочей зоны карьера и параметров вскрышного оборудования – экскаватора-драглайна.

На рис. 1 показан способ разработки вскрышных пород с предварительно создаваемыми специальными отвальными емкостями для пород междупластья.

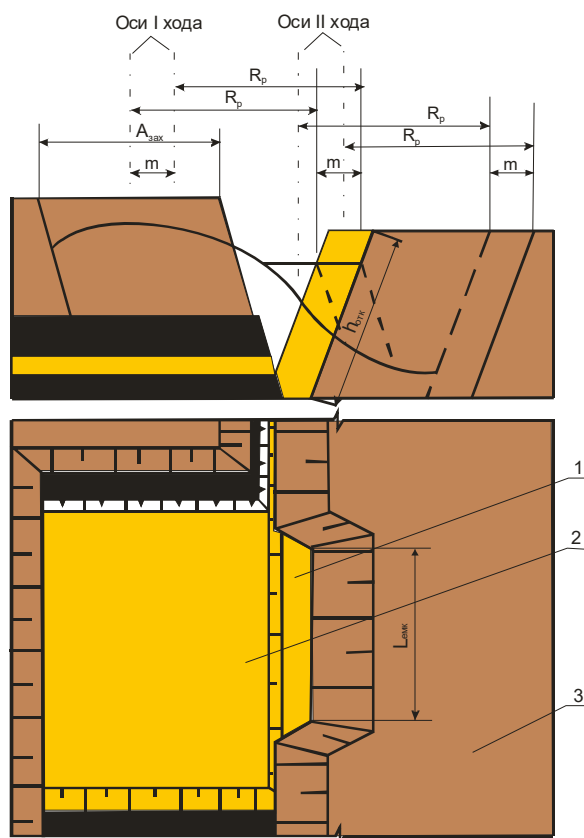


Рис. 1. Способ разработки вскрышных пород  
 1 - формируемая отвальная емкость;  
 2 - внутренняя вскрыша (междупластье);  
 3 - отвал внешней вскрыши

Формирование специальной отвальной емкости сопровождается некоторым увеличением объемов переэкскавации. На рис. 2 показано насколько увеличиваются объемы дополнительной переэкскавации при формировании специальной отвальной емкости.

Несмотря на рост объемов переэкскавации, с глубиной отвальной емкости увеличивается и приемная способность боковой поверхности отвала. Так при высоте уступа в 20 м, глубине отвальной емкости 4 м приемная способность боковой поверхности отвала составит 165 м<sup>3</sup>/пог.м при росте объемов экскаваторных работ на 75 м<sup>3</sup>/пог.м. При этом, себестоимость бестранспортной разработки междупластья в несколько раз ниже отработки междупластья по транспортной схеме.



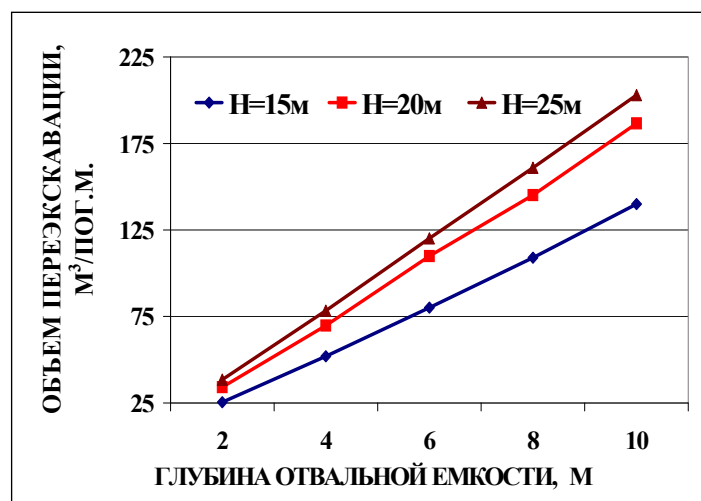


Рис. 2. Изменение дополнительных объемов переэкскавации в зависимости от высоты уступа и глубины отвальной емкости

Максимальная эффективность бестранспортной технологии обеспечивается минимизацией объемов вторичной экскавации. Применительно к технологии внутреннего отвалообразования с созданием специальных отвальных емкостей дополнительные объемы переэкскавации определяются глубиной специальной отвальной емкости, зависящей от параметров рабочей зоны и приемной способности боковой и верхней поверхностей внутреннего отвала.

Расчетная схема к определению необходимой глубины специальной отвальной емкости представлена на рис. 3.

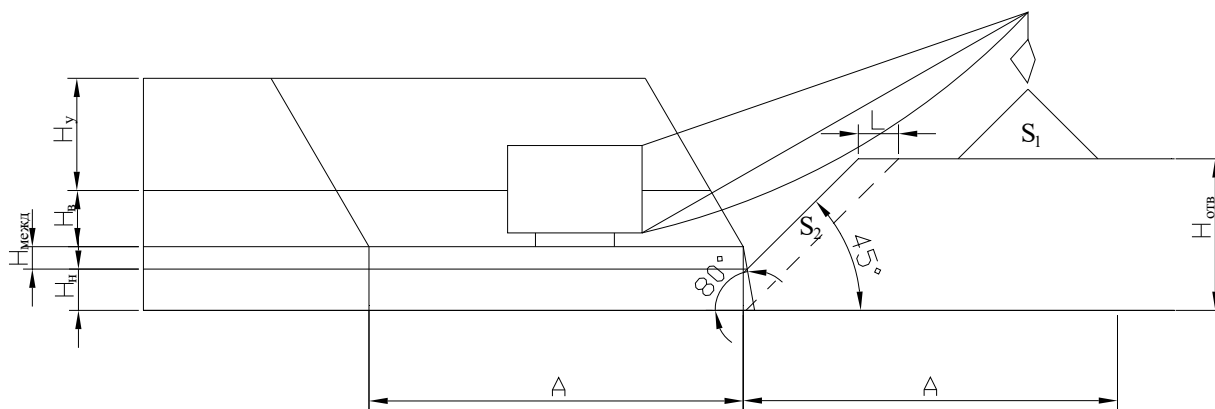


Рис. 3. Схема к определению глубины специальной отвальной емкости

Где  $H_y$  – высота уступа, м;

$H_v$  – мощность верхнего пласта полезного ископаемого, м;

$H_{\text{межд}}$  – мощность междупластья, м;

$H_n$  – мощность нижнего пласта полезного ископаемого, м;

$H_{\text{отв}}$  – проектная высота отвала внешней вскрыши, м;

$A$  – ширина вскрышной заходки (ширина отвальной заходки равна ширине вскрышной заходки), м;

$S_1$  – объем породы, размещаемый на верхней поверхности отвала, м<sup>3</sup>/пог.м.;

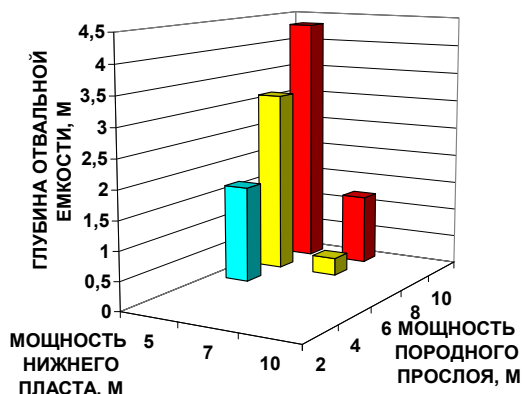
$S_2$  – объем породы, размещаемый на боковой поверхности отвала, м<sup>3</sup>/пог.м.;

$L$  – глубина отвальной емкости, м.

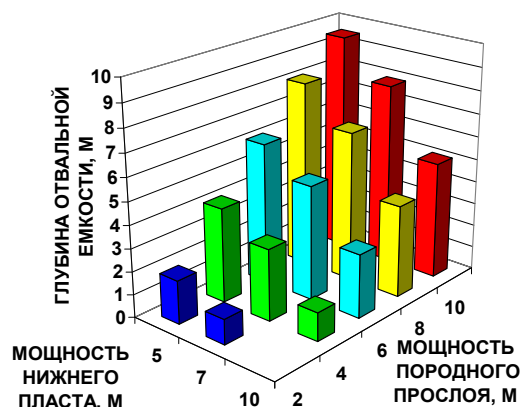
Исследованием технологических схем установлено, что в условиях проектируемого контура отвала выкладка междупластья на его верхнюю поверхность возможна только конусом. Причем, вначале отсыпается объем породы на верхнюю поверхность, и уже затем – на боковую поверхность отвала. Глубина специальной отвальной емкости определяется с учетом объемов породного прослоя, размещаемых на верхнем контуре внутреннего отвала,

По результатам расчетов построены гистограммы характеризующие изменение глубины специальной отвальной емкости в зависимости от параметров рабочей зоны. На рис. 4 показано, как изменяется глубина отвальной емкости от мощностей породного прослоя и нижнего пласта полезного ископаемого.

а)



б)



с)

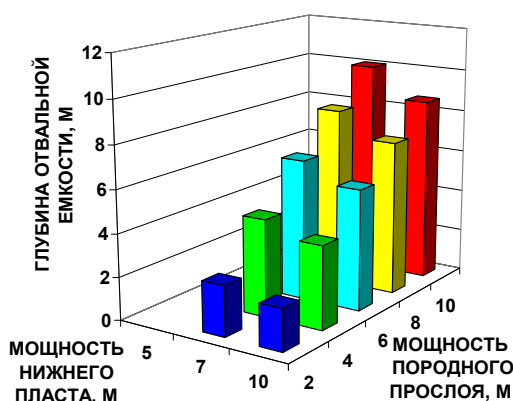


Рис. 4. Изменение глубины специальной отвальной емкости от мощностей породного прослоя и нижнего пласта полезного ископаемого при ширине заходки 50м  
 а) мощность вскрыши 15м;  
 б) мощность вскрыши 20м;  
 с) мощность вскрыши 25м

Анализ гистограмм показывает, что при высоте вскрышного уступа 15 м, мощности нижнего пласта 5 м и мощности породного прослоя 10 м, для выкладки породного прослоя в контур внутреннего отвала требуется специальная отвальная емкость глубиной немногим более 4 м. Остальной объем породы размещается на верхнем контуре отвала.

При мощности вскрыши 25 м и мощности нижнего пласта полезного ископаемого 5 м междупластье разместить в контуре внутреннего отвала не удастся. Размещение возможно при мощности нижнего пласта полезного ископаемого более 5 м.

Наилучшие условия для размещения породного прослоя в контуре внутреннего отвала обеспечиваются при минимальной мощности вскрышного уступа и максимальной мощности нижнего пласта полезного ископаемого.

В зависимости от параметров технологической схемы, коэффициентов сброса и переэкскавации, в условиях заданной производительности и сезона работ, формирование специальной отвальной емкости приводит к сокращению длины экскаваторного блока. Поэтому, при определении длины экскаваторного блока в условиях смерзания взорванного массива этот фактор необходимо учитывать

Для различных периодов года сокращение длины экскаваторного блока (при глубине отвальной емкости до 10 м), может составлять:

Март-апрель: 10-30%.

Май-июнь: 5-23%.

Июль-август: 6-25%.

Сентябрь-октябрь: 7-25%.

Предлагаемая технология имеет следующие преимущества:

- снижается себестоимость разработки междупластья;
- сокращаются объемы транспортной вскрыши, вследствие чего часть парка автотранспорта высвобождается для работы на других, более сложных участках разработки;
- уменьшаются вредные выбросы в атмосферу.

В настоящее время данная технология реализуется на Кангаласском угольном разрезе.

### **ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В КОНСТРУКЦИЯХ ГОРНЫХ МАШИН**

Розентуль А.П., ООО «Восточная Техника», г. Нерюнгри

На начальном этапе любого крупномасштабного строительства проводится Технико-Экономическое Обоснование. Одним из аспектов такого обоснования является выбор самой экономически выгодной техники. Основу такой выгоды составляют: большая производительность, высокая надёжность, низкая стоимость обслуживания и малый объём ремонтов. Среди многих конкурирующих фирм получить преимущества в таких показателях возможно только при реализации прогрессивных технических решений в конструкции горных машин.

В этом докладе мы представим вам ряд новшеств, внедрённых в горные машины на примере экскаваторов TEREX, которые надёжно себя зарекомендовали в суровом Якутском климате на руднике "Куранах" в ООО "Алданзолото" ГРК.

Корпорация TEREX вкладывает большие средства в разработки новых моделей. Самые существенные достижения получены в области производства гидравлических экскаваторов модельного ряда RH.



Рис. 1. Крупнейший в мире гидравлический экскаватор RH-400 с ковшом "прямая лопата" вместимостью 45 м<sup>3</sup> и эксплуатационной массой 1000 тонн



Рис. 2. Эргономичная кабина оператора с увеличенным рабочим пространством

На гидравлических экскаваторах фирмы TEREX реализованы следующие передовые технические решения:

☞ Система Tri-Power существенно продлевает сроки работы элементов сопряжения в механизме подъёма стрелы из-за снижения упорной нагрузки на втулки

проушин силовых цилиндров. Позволяет ковшу держать постоянный угол наклона при операциях рукоятью и стрелой.



Рис. 3. Кулиса механизма "Tri-Power" позволяющего экономить энергию на подъём гружёного ковша

☞ Для повышения надёжности привода поворота верхней платформы экскаватора (*проблематичного на всех экскаваторах из-за реверсивного режима работы*) применён гидропривод с отдельным замкнутым контуром и динамическим торможением путём реверсирования главных поворотных насосов.

☞ Для повышения долговечности поворотной шестерни и снижения скручивающих усилий на вал-шестерню мотора, механизм опорно-поворотного устройства изготовлен в исполнении внутреннего зацепления.

☞ В силовых цилиндрах привода рабочих органов применена система конечного торможения.

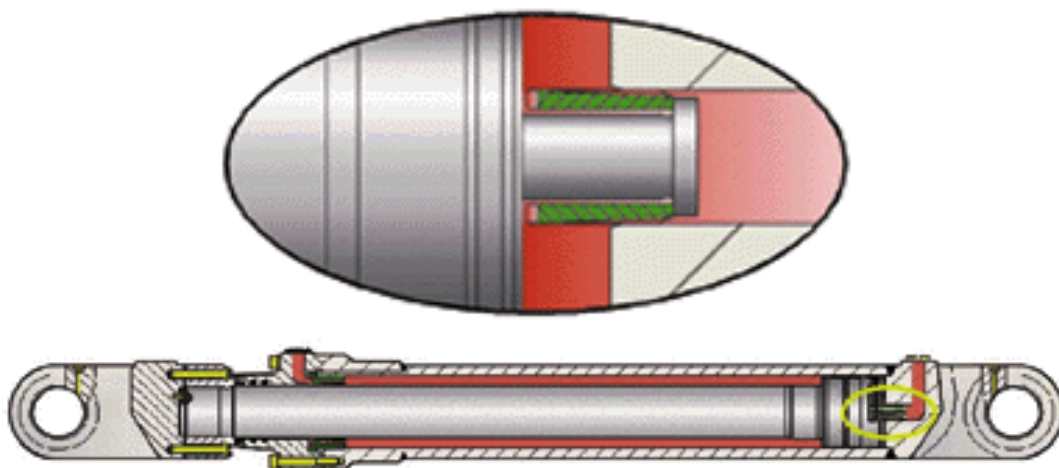


Рис. 4. Механизм амортизации штока цилиндра в конечных положениях

Запатентованная система амортизации в конечных приложениях цилиндра позволяет получить наравне с максимальной продуктивностью малый износ. Ударная нагрузка и вибрация на машину и оператора сокращаются до минимума.

☞ Для повышения конкурентоспособности в рамках стандарта EVRO-III, с 2006 г. на экскаваторы устанавливаются дизельные моторы фирмы Caterpillar (вместо моторов Cummins). Для уменьшения токсичности выхлопа в рамках охраны окружающей среды, на новых дизельных двигателях применена система ACERT, представляющая собой систему усовершенствований двигателя для улучшения процесса сжигания горючей смеси в цилиндрах. Выбор был сделан в пользу таких моторов потому, что многие другие мировые производители дизельных агрегатов пошли по пути дожигания отработанных газов в цилиндрах двигателя. При этом резко возросло содержание серы в цилиндрах, а также снизился ресурс моторного масла и составил 150 моточасов до замены, в то время как на дизелях системы ACERT щелочное число моторного масла изменяется при наработке всё тех же 250-ти моточасов. В новых моторах применён новый механизм привода газораспределения повышенной надёжности с верхним расположением вала, изменённым профилем кулачка, новой конструкцией головки. Разработана новая конструкция поршня, снижен уровень шума, установлены форсунки с механическим приводом и гидравлическим дозированием количества топлива (с предварительным и дополнительным фазами впрыска). Всё это позволило улучшить сгорание горючей смеси в цилиндре и ускорить его продувку. В итоге двигатель стал мощнее, при этом экономичней и менее токсичным.

☞ Для продления сроков эксплуатации ходового механизма усовершенствована конструкция опорных катков, позволяющая смазывать опорный вал при малом уровне масла в катке.

#### Литература

1. Статья на сайте [www.ok-mining.de](http://www.ok-mining.de)
2. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту экскаватора TEREХ/O&K RH400 / Германия. Дортмунд, 2006.
3. Статья на сайте [www.Terex.com](http://www.Terex.com)
4. Статья на сайте <http://sis.cat.com>

УДК 551.34

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ**

Слепцов В.И., д.т.н., Якутский международный центр по развитию северных территорий СО РАН, г. Якутск, [internord@mail.ru](mailto:internord@mail.ru)

Марков В.С., к.т.н., с.н.с., доцент, Горно-геологический институт ЯГУ, г. Якутск, [gornyak@sitc.ru](mailto:gornyak@sitc.ru)

Подземная разработка многолетнемерзлых россыпей производится в суровых климатических условиях при наличии мощной толщи мерзлых пород, поэтому главной особенностью строения покрывающей толщи россыпей Заполярья является наличие в них ледяных жил. Ширина их в верхней части (на глубине 0,5-1,5 м) составляет 5-6 м, при этом некоторые жилы пронизывают всю толщу суглинков, внедряясь в продуктивный пласт, а другие выклиниваются уже на глубине 8-10 м. Продуктивный промышленный пласт (пески) представлен крупнообломочными породами - щебнем, галькой, с небольшими включениями кварцевых булыжников и валунов, цементированных песчано-глинистым заполнителем. Плотик россыпи сложен темно-серыми, углисто-глинистыми сланцами.

Специфические особенности строения россыпных месторождений Заполярья вынуждают применять серийно выпускаемые проходческие комбайны типа ГПКС и 4ПП-2 для проходки вскрывающих выработок, в Арктической зоне России

Комбайновая проходка по сравнению с буровзрывным способом имеет следующие достоинства: улучшается условие труда проходчиков (безопасность, механизация рабочих процессов, условие проветривания); увеличивается производительность труда проходчиков; обеспечивается непрерывность проходческого цикла.

Однако, как показывает опыт эксплуатации проходческих комбайнов типа ГПКС в условиях россыпей Севера, область их применения ограничивается только участками льдов и однородных по литологическому составу илисто-глинистых отложений с незначительным содержанием твердых включений. При достижении комбайнами участков, представленных гравийно-галечниковым материалом (продуктивный пласт) с включениями обломков кварца крупностью свыше 80-100 мм и более 10% по объему в породах забоя, эффективность их применения резко снижается из-за недопустимого увеличения расхода режущего инструмента.

С целью уменьшения расхода режущего инструмента и расширения области применения проходческих комбайнов авторами был проведен анализ коэффициента крепости  $f$  для многолетнемерзлых крупнообломочных пород. В результате анализа, авторами предлагается способ определения общего коэффициента крепости для многолетнемерзлых крупнообломочных пород, сущность которого заключается в суммировании коэффициентов крепости пород и заполнителя составляющих образец из выражения:

$$f_{обр} = \frac{\sigma_{зан}}{10} + \left( \frac{\sigma_1^{сж} \cdot n_1}{10} + \frac{\sigma_n^{сж} \cdot n_n}{10} \right) \text{ или}$$

$$f_{обр} = f_{зан} + (f_1^n + \dots + f_n^n),$$

где  $f_{зан} = \frac{\sigma_{зан}^{сж}}{10}$  - коэффициент крепости заполнителя;

$f_1^n = \frac{\sigma_1^{сж} n_1}{10}$ ,  $f_n^n = \frac{\sigma_n^{сж} n_n}{10}$  - коэффициент крепости пород отдельных составляющих испытываемого образца;

$\sigma_{сж}$ ,  $\sigma_1^{сж}$ ,  $\sigma_n^{сж}$  - временное сопротивление на одноосное сжатие соответственно заполнителя, 1-й и n-й фракции крупнообломочных пород составляющих испытываемый образец;  
 $n_1 \dots n_n$  – процентное содержание 1-й и n –й фракции крупнообломочных пород относительно их общего объема [1].

Обобщение опыта работы проходческих комбайнов при проходке шахтных стволов в условиях Арктической зоны РФ и определение коэффициента крепости  $f$  по вышеизложенной методике позволили установить области их применения [2,3] (табл.) в описательной форме. Из таблицы видно, что проходческие комбайны типа ГПК-3 целесообразно применять на льдистых и илисто-глинистых породах с твердыми включениями размером не более 20 мм (до 10%) с крепостью пород 3-4 по М.М. Протодьяконову (типы I и II).

Анализ опыта применения комбайна ГПКС при подземной разработке россыпных месторождений ГОК «Куларзолото» показал, что забои, представленные структурами II-III типов, не удастся эффективно обрабатывать стандартной режущей коронкой. Исключение составляют участки забоя, представленные повторно-жильными льдами и илами. Это обстоятельство имеет принципиальное значение, так как делает малоперспективными пути совершенствования или создания новых типов режущего рабочего инструмента. Радикальным решением является применение в таких забоях комбайнов с исполнительными органами ударно-скалывающего действия.

Учитывая, что подавляющая часть объемов проходки подготовительно-нарезных выработок связана с забоями, соответствующими типу III, целесообразно осуществлять образование горизонтального вруба по плотику, а остающуюся верхнюю часть забоя, представленную мерзлыми крупнообломочными породами разрушать ударно-скалывающим инструментом комбинированного исполнительного органа при наличии двух обнаженных плоскостей. В случае встречи прослоев ила в верхней части пласта или ледяных жил их (как и плотик) можно обрабатывать режущим исполнительным органом. Следовательно, предпочтительным конструктивным решением является дополнение исполнительного органа серийно выпускаемых режущих комбайнов узлом, включающим ударно-скалывающий элемент. Этим обеспечивается наиболее эффективная работа обоих компонентов комбинированного исполнительного органа с относительно простой кинематикой.

Для обоснования практической применимости комбинированного принципа разрушения в забоях было проведено испытание экспериментальной установки, созданной на базе проходческого комбайна ГПКС и пневмомолота ПН-1300. Промышленный эксперимент был осуществлен в натуральных условиях, на одной из шахт ГОК «Куларзолото» при проходке нарезной выработки сечением 7 м<sup>2</sup> [4]

Результаты экспериментальных работ показали, что разрушение мерзлых крупнообломочных пород продуктивного пласта рабочим органом ударного действия в средней части забоя протекало эффективно. При этом отбойка породы от массива происходила кусками различных размеров - от нескольких сантиметров до глыб размерами 0,5х 0,3х 0,2м. Контурная часть забоя разрушалась режущей коронкой комбайна, работающей с отрывом материала на обнаженную плоскость. Оптимальная толщина стружки в конкретных условиях забоя, по данным опытов составила 0,20-0,25 м. Результаты дальнейших шахтных испытаний экспериментального образца проходческого комбайна ГПКС с комбинированным исполнительным органом подтвердили целесообразность применения предложенной двухстадийной схемы обработки забоя.

Время, затрачиваемое на обработку одной заходки (включая создания врубовой щели) составило 30-35мин., что соответствует суточным темпам проведения выработок на уровне 15-20 м. Результаты проведенных промышленных испытаний показали принципиальную возможность применения проходческих комбайнов с комбинированным исполнительным органом для разрушения мерзлых крупнообломочных пород россыпных месторождений с коэффициентом крепости более 5-6. Совместно с институтом «Гипроникель» было разработано техническое задание на изготовление опытного образца проходческого комбайна новой конструкции.

### **Выводы**

1. Состав, криогенное строение, структурные особенности и физико-механические свойства многолетнемерзлых крупнообломочных пород, разрабатываемых при проведении вскрывающих и подготовительно-нарезных выработок в условиях россыпных шахт Арктической зоны Якутии, весьма разнообразны и требуют дифференцированного подхода к выбору техники и технологии проходки.

2. Наиболее распространенным при проведении подготовительно-нарезных выработок (штреков, рассечек и т.п.) является двухслойный забой III типа, представленный многолетнемерзлыми крупнообломочными наносами (верхний слой) и пересекаемый до 0,6-1,0 м коренными породами – плотиком (нижняя зона). Для разрушения этого типа пород перспективным можно считать применение комбайна с комбинированным исполнительным органом (ударно-режущий), который может разрушать породы любой крепости.

3. Для разработки россыпных месторождений, продуктивный пласт которых представлен гравийно-галечниковым материалом без валунов (40-50% от общего объема



горной массы) цементированным песчано-глинистым материалом, с крепостью пород 5-6 по М.М. Протодяконову, целесообразно применение более мощных современных проходческих комбайнов стран СНГ типа КП-20, КП-25 (Копейский машзавод, Россия), П-120 и П-220 (Ново-Краматорский машзавод, Украина) и КСП-42 (Ясиноватский машзавод, Украина).

Таблица

**Определение области применения комбайнов**

Типы проходческих забоев	Наименование породы	Расход резцов, шт/м <sup>3</sup>	Производительность, м <sup>3</sup> /смену	Коэффициент крепости по буримости	Коэффициент крепости по Протодяконову	Комбайны
I	Чистый лёд, или льдистые	0,04-0,12	До 40	V-VI	1	ГПК-3
I	Илисто-глинистые отложения	0,36	До 30	VI-VII	2-3	ГПК-3
I	Илисто-глинистые отложения с мелкими включениями гальки, щебня (крупность до 20 мм) до 10%	0,36-1	До 25	VII-VIII	3	ГПК-3
II	Гравийно-галечниковые отложения крупностью обломков свыше 20 мм в объеме до 15% цементированные песчано-глинистым заполнителем	1 и более	10-20	VIII-IX	4	ГПКС
III	(Продуктивный пласт) Гравийно-галечниковые отложения крупностью до 50 мм свыше 20% (до 30%), цементированные песчано-глинистым заполнителем.	5-6	До 5	IX-XI	5-6	КП-20, КП-25, П-110, П-220, КСП-42.
	IX-XI			5		
III	(Продуктивный пласт) Гравийно-галечниковые отложения крупностью свыше 80-100 мм до 20% по объему, цементированные песчано-глинистым заполнителем.	6	3-4	XI-XII	6-8	С комб. исполн. органами

**Литература**

1. Марков В.С., Шерстов В.А., Елшин В.К., Софронов С.Т. Способ определения коэффициента крепости многолетнемерзлых крупнообломочных пород. Патент РФ на изобретение №2188944. 2000 г.

2. Егоров И.К., Тарасов Н.И. Опыт применения резцового инструмента при разрушении многолетнемерзлых пород / Сб. науч. тр. // Физико-техн. проблемы освоения месторождений Севера. Якутск: Изд-во ЯГУ, 1989. С. 31-34.

3. Лященко В.П., Иванов В.Г., Данзанов В.Б. Опыт применения проходческих комбайнов при проведении выработок в шахтах предприятий объединения «Северовостокзолото» // Колыма. 1983. №10. С. 8-10.

4. Марков В.С., Сугаренко Г.Г., Елшин В.К. и др. Шахтные испытания проходческого комбайна ГПКС с экспериментальным комбинированным исполнительным органом // Физ.-техн. пробл. разраб. полезн. ископаемых. Новосибирск: Наука, 1988. №5. С. 76-80.

УДК 622.83

## **РАЗРАБОТКА ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ КРОВЛИ ПЛАСТА «ПЯТИМЕТРОВЫЙ» НЕРЮНГРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ И ОБРУШАЕМОСТИ**

Солошенко А.А. , к.т.н.,

Скоморошко Ю.Н., к.т.н., доцент, [45267@mail.ru](mailto:45267@mail.ru),  
Технический институт (филиал) ЯГУ, г. Нерюнгри

Нерюнгринское месторождение, где добываются особо дефицитные коксующиеся угли, является минерально-сырьевой основой Южно-Якутского региона. Основное промышленное значение месторождения имеют пласты «Мощный» и «Пятиметровый». В настоящее время пласт «Мощный» отрабатывается открытым способом. Ниже пласта «Мощный» в 100 – 180 м залегает пласт «Пятиметровый», отработка которого предполагается шахтным способом.

Согласно проекту развития разреза «Нерюнгринский» все запасы угля пласта «Мощный» будут доработаны к 2025-2026 годам. В северной части месторождения запасы угля по пласту «Мощный» уже отработаны. Оценка технико-экономических показателей проекта разработки пласта «Пятиметровый» показала целесообразность строительства шахты уже в настоящее время.

Отсутствие опыта эксплуатации угольных месторождений шахтным способом, а так же отсутствие типизации пород кровель угольных пластов по устойчивости и обрушаемости в Южно-Якутском угольном бассейне, не позволяет с достаточной степенью надежности оценить состояние пород кровель угольных пластов. Данные сведения необходимы при строительстве и эксплуатации горного предприятия с целью выбора эффективных способов управления горным давлением, что, в свою очередь, является следствием обеспечения безопасности подземной разработки угольных месторождений.

Для разработки геолого-геофизической типизации кровель пласта «Пятиметровый» по устойчивости и обрушаемости был выполнен анализ инженерно-геологических условий Нерюнгринского месторождения. Из проведенного анализа установлено, что на состояние пород кровель угольных пластов Нерюнгринского месторождения оказывают влияние следующие основные факторы: тектонические нарушения различного характера; степень трещиноватости пород и их литологический состав; изменчивость состава цемента, как по площади простираения, так и по глубине; обводненность пород кровли и их способность к расслоению.

Наиболее достоверные сведения об устойчивости и обрушаемости кровель угольных пластов можно получить путем использования методов, основанных на геолого-

геофизических способах изучения литологии и физико-механических свойств пород с привлечением факторов, определяющих устойчивость углевмещающих пород [1]. С этой целью для Нерюнгринского месторождения разработан геолого-геофизический метод изучения физико-механических свойств в массиве горных пород, основанный на использовании корреляционных и функциональных связей физических и механических свойств пород.

Согласно требованиям угольной промышленности к определению физико-механических свойств углевмещающих пород кровли и почвы угольного пласта [2], под инженерно-геологические исследования должно отводиться 4,6 % площади месторождения, что составляет 1,2 км<sup>2</sup> или 12 скважин на всё месторождение. Площадь месторождения составляет 26 км<sup>2</sup>.

Исходя из опыта эксплуатации Нерюнгринского месторождения при разработке пласта «Мощный» данная сеть не обеспечит необходимой достоверности оценки физико-механических свойств углевмещающих пород.

Для расчета физико-механических свойств, а также прогноза устойчивости и обрушаемости пород кровли пласта «Пятиметровый» нами было обработано 42 скважины, при этом сеть составила 300-500 метров между скважинами и 400-600 метров между профилями. Разработанный метод позволил прогнозировать физико-механические свойства массива горных пород в их естественном залегании, непрерывно по стволу скважины, а также использовать необходимое количество скважин на любом участке шахтного поля, что повышает достоверность прогноза горно-геологических условий разработки угольных месторождений.

В результате исследований специфических геологических и геофизических особенностей Нерюнгринского месторождения, а так же анализа инженерно-геологических факторов, влияющих на состояние пород кровли угольных пластов, для месторождения разработана геолого-геофизическая типизация пород кровель по устойчивости и обрушаемости (табл. 1, 2) [3].

Типизация предусматривает четыре типа непосредственной кровли по устойчивости и четыре типа основной кровли по обрушаемости и содержит данные о литологии, мощности слоев, о пределах прочности на сжатие и растяжение, определенных в естественном залегании горных пород по геолого-геофизическому методу, значения относительного приведенного диаметра скважин, удельное электрическое сопротивление пород и коэффициент вариации прочностных параметров.

Согласно разработанной типизации определены классы кровель по принятой сети скважин и построены прогнозные карты геолого-геофизического районирования состояния пород кровли пласта «Пятиметровый» Нерюнгринского месторождения по устойчивости и обрушаемости (рис. 1) [3].

Анализируя полученные карты, на площади месторождения выделяются породы кровли различных типов по устойчивости и обрушаемости. Среднеустойчивая кровля имеет наибольшее распространение, слабоустойчивая – наименьшее. Неустойчивая и устойчивая кровли выражены в виде локальных участков по всей площади месторождения.

Таблица 1

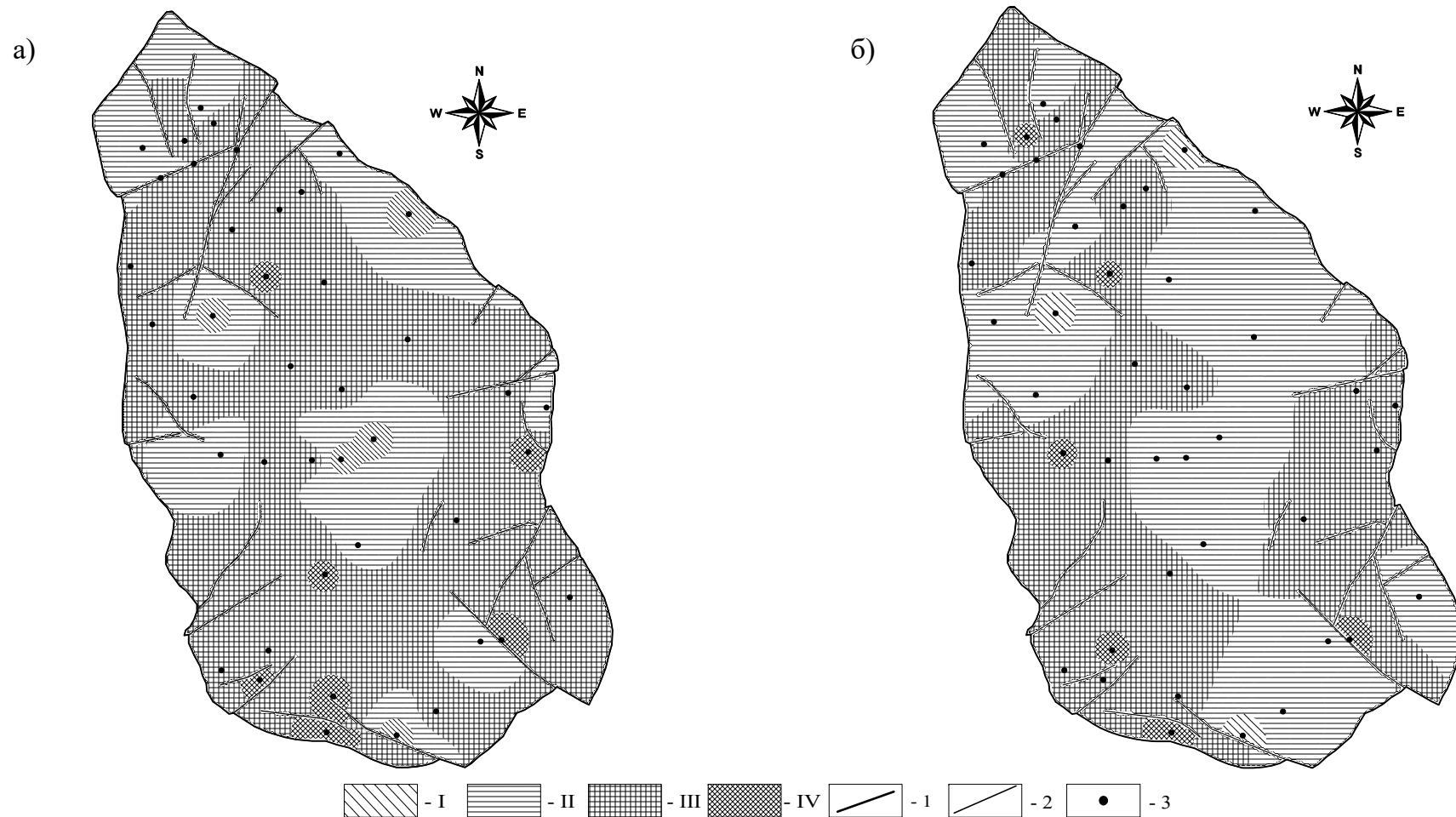
**Геолого-геофизическая типизация пород непосредственной кровли по устойчивости пласта «Пятиметровый»  
Нерюнгринского месторождения**

№№ типов в	Наименование типов непосредственной кровли по устойчивости	Литологический состав	Мощ- ность слоев, м	Глубина залегания пластов, м	Предел проч- ности при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$ , МПа	Предел прочности при одноосном рас- тяжении $\sigma_p$ , МПа	Относительный диаметр сква- жин $\Delta d$	Удельное электрическое сопротивление $\rho_k$ , Ом·м	Коэффициент вариации прочностных параметров V, %
I	Неустойчивая	Ложная кровля: углистость, тонкослоистое переслаивание трещиноватых алевролитов, углей и слабых тонкозернистых песчаников	< 0,1	150 - 350	< 30	< 2,0	> 1,3	10 – 30	> 20
II	Слабоустойчивая	Углистые породы, переслаивающиеся с маломощными прослоями песчаника и угля, а также с другими сильнотрещиноватыми породами	< 0,3	150 - 350	30 – 45	2,0 – 3,5	1,2 – 1,3	20 – 40	10 - 20
III	Среднеустойчивая	Алевролиты, песчаники мелкозернистые, среднезернистые, глинистые	0,2 - - 0,5	150 - 350	45 - 60	3,5 – 5,0	1,1 – 1,2	30 – 60	5 - 10
IV	Устойчивая	Песчаники мелкозернистые, среднезернистые, карбонатные	> 0,5	150 - 350	> 60	> 5,0	1,0 – 1,1	> 50	< 5

Таблица 2

**Геолого-геофизическая типизация пород основной кровли по обрушаемости пласта «Пятиметровый»  
Нерюнгринского месторождения**

№№ типо в	Наименование типов основной кровли по обру- шаемости	Литологический состав	Мощ- ность слоев, м	Глубина залегания пластов, м	Предел проч- ности при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$ , МПа	Предел прочности при одноосном рас- тяжении $\sigma_p$ , МПа	Относительный диаметр сква- жин $\Delta d$	Удельное электрическое сопротивление $\rho_k$ , Ом·м	Коэффициент вариации прочностных параметров V, %
I	Легкообрушаю- щаяся	Сильнотрециноватые пес- чаники, алевролиты, пере- слаиванием песчано-алев- ролитовых пород и про- слоев угля	< 0,3	150 - 350	< 40	< 3,0	> 1,3	10 – 30	> 20
II	Среднеобрушаю- щаяся	Песчаники различной зер- нистости, переслаивание песчаников, алевролитов раз- ной прочности	0,3 - - 1,0	150 - 350	40 - 50	3,0 – 4,0	1,2 – 1,3	20 – 50	10 - 20
III	Слабообрушаю- щаяся	Песчаники мелко- и средне- зернистые	0,8 - - 1,4	150 - 350	50 – 60	4,0 – 5,0	1,1 – 1,2	30 – 100	5 - 10
IV	Труднообрушаю- щаяся	Монолитные песчаники мелко - и среднезернистые, карбонатные	> 1,4	150 - 350	> 60	> 5,0	1,0 – 1,1	> 150	< 5



**Рис. 1. Прогнозные карты геолого-геофизического районирования пород по устойчивости непосредственной (а) и обрушаемости основной (б) кровель пласта «Пятиметровый» Нерюнгринского месторождения**

Условные обозначения: а) I - IV – классы кровли по устойчивости (I – неустойчивая, II – слабоустойчивая, III – среднеустойчивая, IV – устойчивая); б) I - IV классы кровли по обрушаемости (I – обрушаемая, II – слабообрушаемая, III – среднеобрушаемая, IV – труднообрушаемая); 1 – граница месторождения; 2 – тектонические нарушения; 3 - скважины, использованные для построения карты

Слабообрушающаяся и среднеобрушающаяся кровли занимают приблизительно равные доли. Легкообрушающаяся и труднообрушающаяся кровли выражены в виде локальных участков по всей площади месторождения.

Карты позволяют установить площади распространения пород, образующих кровли различных типов по устойчивости и обрушаемости, что дает возможность при проектировании шахты предусмотреть специальные технические мероприятия по управлению горным давлением на соответствующих участках шахтного поля.

#### Литература

1. Гречухин В.В., Бродский П.А., Климов А.А. и др. Геофизические методы изучения геологии угольных месторождений. М.: Недра, 1995. 477 с.
2. Методическое руководство по изучению инженерно-геологических условий угольных месторождений, подлежащих разработке открытым способом. Л.: Недра, 1986. 113 с.
3. Солошенко А.А. Разработка геолого-геофизической типизации пород кровли угольных пластов по устойчивости и обрушаемости (на примере Нерюнгринского месторождения): Автореф. дис... канд. технич. наук. Хабаровск, 2006. 24 с.

УДК 622.342.1(571.56)

### ТЕНДЕНЦИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Столяров А.М., к.т.н., Минэкономразвития РС (Я), г. Якутск, [a\\_stolyarov@mail.ru](mailto:a_stolyarov@mail.ru)

Никифорова В.В., с.н.с., Институт региональной экономики АН РС (Я),

г. Якутск, [bal@ykt.ru](mailto:bal@ykt.ru)

В 20-е годы прошлого века Южная Якутия стала основой для стремительного возникновения золотодобывающей промышленности Якутии.

В настоящее время в Южной Якутии добывается более 60% золота РС (Я). В 2006г. добыча золота в регионе составила 12830 кг, в т.ч. рудного – 8217 кг, россыпного – 4612,9 кг, что по сравнению с 2002г. больше, чем в 1,2 раза. Если в 2002г. преобладала добыча россыпного золота, то в 2006г. доля добычи рудного золота составила 64% от общей добычи (табл.1).

Таблица 1

#### Динамика добычи золота в Южной Якутии за 2002-2006гг., кг.

Золотодобывающие районы	2002г.	2003г.	2004г.	2005г.	2006г.
Алданский	6469,0	7823,6	8230	5856,0	8196,2
Нерюнгринский	4266,0	3759,9	3033	3255,4	3306,8
Олекминский	136,0	858,0	1466,7	1235,2	1327
<b>Южная Якутия – всего</b>	<b>10871,0</b>	<b>12441,5</b>	<b>12729,7</b>	<b>10346,6</b>	<b>12830</b>
<i>В т.ч. рудное</i>	<i>5030,0</i>	<i>6994,1</i>	<i>8411,7</i>	<i>5911,8</i>	<i>8217,2</i>
<i>россыпное</i>	<i>5841,0</i>	<i>5447,4</i>	<i>4318</i>	<i>4432,4</i>	<i>4612,9</i>
<b>РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)</b>	<b>17803</b>	<b>19774,2</b>	<b>20225</b>	<b>18658,1</b>	<b>19810,2</b>
<b>Доля Южной Якутии в РС (Я), %</b>	<b>62,03</b>	<b>61,42</b>	<b>62,94</b>	<b>55,4</b>	<b>64,76</b>

Из 38 золотодобывающих предприятий региона более одной тонны добывают 4: ОАО «Алданзолото ГРК», ОАО а/с «Селигдар», ООО «Нирунган» и ООО «Нерюнгри Металлик».

В настоящее время по Южной Якутии выдано 107 лицензий на добычу и разработку месторождений золота, в том числе на 17 коренных и 90 россыпных. Обладателями лицензий на разведку и добычу золота являются 38 предприятий-недропользователей (табл. 2).

Таблица 2

**Распределение лицензий на разведку и добычу золота в Южной Якутии**

Районы	Кол-во предприятий-недропользователей	Кол-во месторождений		
		Всего	в т.ч.:	
			коренные	россыпные
Алданский	22	64	16	48
Нерюнгринский	15	42	-	42
Олекминский	1	1	1	-
<b>Итого: Южная Якутия</b>	<b>38</b>	<b>107</b>	<b>17</b>	<b>90</b>

Прогнозные ресурсы золота сосредоточены преимущественно в Алданском районе (около 74% от общего объема по региону) и на территории, подчиненной г. Нерюнгри (около 20%), незначительное количество (менее 6%) - приходится на Олекминский район.

Перспективы наращивания сырьевой базы коренного золота значительны и связаны с переоценкой известных месторождений под технологию кучного выщелачивания (КВ), поисками новых типов месторождений, а также вовлечением в освоение крупных золото-урановых месторождений. Перспективы же наращивания сырьевой базы россыпного золота ограничены. Связано это с выявлением мелких россыпей в известных узлах новых месторождений в юго-восточной части региона и переоценкой отработанных техногенных россыпей на мелкое и тонкое золото. До настоящего времени остается не оцененным крупный потенциал золота в техногенных россыпях Алданского золотоносного района, который может составлять до 100 т.

Более половины добычи золота в Южной Якутии приходится на Алданский район. Здесь преобладает добыча рудного золота. В 2006г. структура добычи составила: рудное золото - 84%, россыпное – 16%. Лицензиями на 10 месторождений Куранахского рудного поля владеет ОАО «Алданзолото ГРК», принадлежащее ОАО «Полюс Золото». В настоящее время осуществляется модернизация рудника мощностью 4 млн т руды в год и Куранахской ЗИФ мощностью до 6,5 т золота в год.

Вторым крупным золотодобывающим предприятием в Южно-Якутском регионе является ОАО а/с «Селигдар», которое впервые в республике применило технологию КВ. С 1999г. в артели действует промышленная установка КВ на месторождениях Самолазовское и Гарбузовское. В 2004г. введена в эксплуатацию опытно-промышленная установка КВ на месторождении Межсопочное проектной мощностью 100 тыс. т руды в год. Перспективы развития артели связаны с реализацией проекта промышленного освоения месторождений Нижнеякокитского рудного поля.

Следующим по объемам добычи золота из коренных месторождений Южной Якутии является ООО «Нерюнгри-Металлик» в Олекминском улусе. Предприятие с 2000г. ведет добычу рудного золота на месторождении Таборное. Месторождение долго не привлекало инвесторов ввиду бедного состава руды. И только в 2000г. московский «Абсолют Банк» решил рискнуть и вложил значительную сумму в проектирование и строительство предприятия. В 2001г. были начаты геологоразведочные работы, а в 2002г. построена



опытно-промышленная установка КВ и другие объекты. Большим преимуществом оказалось переоборудование технологической установки КВ из сезонного действия в круглогодичное, что увеличило годовую производительность, уменьшило степень дробления руды и соответственно сократило энергозатраты.

Разработка россыпных месторождений золота ведется в основном на территории Нерюнгринского района, где насчитывается до 15 предприятий, имеющих лицензии на геологическое изучение и добычу золота на 42 участках. Из них наиболее стабильно работают до 10 предприятий. Как показывает динамика последних 5 лет, добыча золота в этом регионе с каждым годом снижается: если в 2002г. было добыто 4,3 т золота, то в 2006г. - 3,3 т.

В целом, в Южной Якутии разработку месторождений золота осуществляет всего 62% недропользователей, из общего числа получивших лицензию.

Золотодобывающая промышленность России в последние годы вновь приобрела свою инвестиционную привлекательность. Этому способствовала отмена в 1998г. «валютного коридора», что позволило золотодобывающим компаниям расплатиться с долгами и аккумулировать средства для развития производства, приобретения новых активов. Активизация банковской деятельности также способствовала росту добычи. Кроме того, в последние годы динамика цены золота на мировом рынке идет вверх: если в 2001г. среднегодовая цена на золото составляла только 270 долл./унц., то в 2006г. - 603,7 долл./унц., максимум зафиксирован на уровне 725 долл., минимум - 524,75 долл. Аналитики полагают, что минимум, который достигнет в 2007г. - это 580 долл., максимум - 750 долл., а средняя цена - 652 долл. за унцию [1].

Однако, несмотря на благоприятные условия, добычные работы на многих участках россыпных месторождений золота не производятся. Это связано с тем, что лицензии на эти участки принадлежат недропользователям, не имеющим ни финансовых, ни технических, ни технологических возможностей.

Самым заметным признаком формирования полноценной золотодобывающей отрасли, отвечающей современным требованиям рынка, стало появление отечественных компаний, располагающих добывающими подразделениями и финансовыми ресурсами для полноценного участия в проектах разработки месторождений в качестве инвестора. Примером этому может послужить наметившийся прогресс в разработке коренных месторождений золота с приходом ЗАО «Полюс Золото», что позволяет надеяться на изменение ситуации в лучшую сторону. ЗАО «Полюс Золото» в 2006г. на реконструкцию ОАО «Алданзолото ГРК» потратило 1 млрд руб., благодаря чему компания уже вышла на рентабельный уровень.

Для повышения эффективности добычи золота из россыпных месторождений также необходима структурная перестройка путем создания акционерных обществ (компаний) или холдингов за счет объединения нескольких предприятий, испытывающих финансовые, технические и технологические затруднения, по примеру организации золотодобычи в соседней Магаданской области, добывающей более 30 т золота в год. Так, лидер колымской золотодобычи – ОАО «Сусуманзолото» - давно является холдингом, объединяющим 17 добывающих предприятий.

Преимущества интегрированных компаний состоит в централизованном обеспечении средствами долгосрочного финансирования на более выгодных условиях, получении лицензии на новые объекты добычи, в том числе за пределами своих регионов; в возможности активного участия, как в первичном, так и во вторичном рынке лицензий на добычу различных полезных ископаемых, а также в рациональной организации сбыта производимой продукции и снабжения предприятий материально-техническими ресурсами и

т.д. Кроме того, интегрированные крупные компании за счет аккумулированных собственных средств и внешних кредитов могут также успешно решать проблемы с подготовкой (разведкой) своей собственной минерально-сырьевой базы, что является решающим условием стабильного развития производства на достаточно долгий срок.

Южная Якутия испытывает трудности в реализации проектов по разработке россыпных и техногенных месторождений золота. В сложившейся ситуации необходимо более широкое привлечение инвестиций в разработку россыпных и техногенных месторождений данного региона, что возможно только при условии укрупнения субъектов, разрабатывающих россыпные месторождения золота. Развитие отрасли должно происходить за счет качественного освоения россыпных месторождений с внедрением инновационных технологий, создания современных производственных мощностей по отработке техногенных россыпей.

### **Литература**

1. БИКИ. 2006. №134 (9080). 23 ноября. С. 15.
2. Брайко В.Н., Иванов В.Н. Российская промышленность по добыче драгоценных металлов: итоги 2005г. и перспективы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. №3. С. 56-71.
3. Гуминский В.И., Черный К.Н. ООО «Нерюнгри-Металлик» - новый проект кучного выщелачивания // Спец. выпуск журнала «Минеральные ресурсы России. Экономика и управление». 2004. С. 57-59.
4. Солодухин О. «Трудные» граммы драгоценного металла // Индустрия Севера. 2005. 14 октября.

УДК 622.276.72

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ ИРЕЛЯХСКОГО ГНМ И ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННОГО АГЕНТА ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ**

Федорова А.Ф., к.т.н., [faitalina@mail.ru](mailto:faitalina@mail.ru),

Шиц Е.Ю., к.т.н., [l.u.shitz@ipng.ysn.ru](mailto:l.u.shitz@ipng.ysn.ru),

Портнягин А.С., [portal@ipng.ysn.ru](mailto:portal@ipng.ysn.ru),

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

Высокие показатели развития отечественной нефтяной промышленности обусловлены не только увеличением числа производственных объектов, но и дальнейшим совершенствованием техники и технологии добычи нефти, оптимизацией производственных процессов.

Спецификой нефтяных месторождений юго-западной Якутии являются аномально низкие пластовые температуры, что приводит к повышению вязкости нефти и обуславливает необходимость более внимательного подхода к выбору вытесняющих агентов.

Уже более 10 лет ведется опытно-промышленная эксплуатация (ОПЭ) нефтяных залежей Талаканского, Среднеботуобинского и Иреляхского месторождений. В числе одной из главных задач ОПЭ этих месторождений является выбор метода и агента поддержания пластового давления для вытеснения нефти.

Во всех этих проектах ОПЭ в качестве закачиваемой жидкости рассматривается минерализованная вода. Вместе с тем, использование минерализованной воды выдвигает много вопросов. Так, всеми исследователями и практиками признается проблема совместимости пластовых и закачиваемых вод, так как в результате их взаимодействия

может происходить кристаллизация солей различного состава в поровом пространстве пород - коллекторов, что значительно снижает их емкостные и фильтрационные свойства.

В связи с этим целью работы является изучение совместимости пластовых вод и закачиваемых рассолов с учетом их индивидуального химического состава, ионной силы смешиваемых растворов, возможности протекания конкурирующих реакций, а так же низких пластовых температур.

Качественный анализ проб пластовой воды Улаханского горизонта из скважины №155-019 Иреляхского ГНМ и минерализованной воды (жидкости для ППД) показал (таблица 1), что в них содержатся катионы кальция, магния, натрия, калия, гидрокарбонат, сульфат, хлорид анионы. Количественное содержание солей определялось титриметрическими и гравиметрическим (сульфат-ионы) методами анализа.

Как видно из таблицы 1, пластовую воду можно отнести к хлоридно-кальциевому, а жидкость для ППД - к хлоридно-натриевому типу.

Для наиболее точной оценки возможности выпадения осадка сульфата кальция при смешении пластовой воды и раствора для ППД необходимо учитывать факторы, влияющие на его растворимость, то есть, солевой эффект и конкурирующие реакции.

Таблица 1

**Химический состав проб пластовой воды Иреляхского ГНМ и раствора ППД**

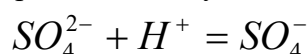
№	Ионы	Пластовая вода		Раствор для ППД	
		моль/л	г/л	моль/л	г/л
1	$Ca^{2+}$	4,99	100,16	0,100	2,00
2	$Mg^{2+}$	0,932	22,66	0,005	0,12
3	Общая жесткость	5,93	122,82	0,105	2,13
4	$Na^+ + K^+$	0,993	24,82	4,57	114,3
5	$HCO_3^-$	0,00732	0,45	0,00136	0,083
6	$HSO_4^-$	0,0163	1,56	0,0402	3,87
7	$Cl^-$	6,89	244,91	4,64	164,54
8	Сумма ионов		394,57		284,92

Поскольку в пластовой воде содержатся ионы кальция и магния, возможно протекание гидролиза. Кроме того, ионы осадка могут вступать в реакции с компонентами раствора: гидроксид анионами, катионами водорода, собственными ионами, посторонними веществами. Протекание всех этих конкурирующих реакций зависит от значения водородного показателя среды. Водородный показатель определялся иономером «Экотест-200». Для пластовой воды  $pH = 5.0$ ; для раствора ППД  $pH = 7.21$ .

Как видно из полученных данных, среда пластовой воды слабо - кислая, следовательно, в растворе  $CaSO_4$  наряду с реакцией



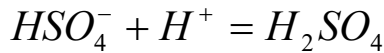
могут протекать следующие конкурирующие реакции [9]:



с константой равновесия

$$K_{a,1} = \frac{[H^+] \cdot [SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]} \quad (2.1)$$

и



с константой равновесия

$$K_{a,2} = \frac{[H^+] \cdot [HSO_4^-]}{[H_2SO_4]} \quad (2.2)$$

Известно, что растворимость складывается из равновесных концентраций всех форм сульфат иона:

$$s = C_{SO_4^{2-}} = [SO_4^{2-}] + [HSO_4^-] + [H_2SO_4] \quad (2.3)$$

Тогда ионная растворимость будет вычисляться по формуле:

$$s = \sqrt{\frac{K_s^0}{\alpha_{SO_4^{2-}}}} \quad (2.4)$$

где  $K_s^0$  - произведение растворимости,  $\alpha_{SO_4^{2-}}$  - коэффициент побочной конкурирующей реакции:

$$\alpha_{SO_4^{2-}} = \frac{K_{a,1} \cdot K_{a,2}}{[H^+]^2 + [H^+] \cdot K_{a,1} + K_{a,1} \cdot K_{a,2}} \quad (2.5)$$

Для данных, приведенных в таблице 1, этот коэффициент побочной конкурирующей реакции равен 0,9999, т.е. в данном случае влиянием конкурирующих реакций можно пренебречь.

Одним из факторов, влияющих на осадкообразование, является солевой эффект. Так как в пластовой воде и растворе для ППД кроме ионов кальция и сульфат ионов содержатся катионы магния, натрия, калия, гидрокарбонат, хлорид анионы, то коэффициенты активности осадкообразующих ионов не равны единице. Поэтому произведение растворимости выражаем через активности ионов:

$$K_s^0 = a(Ca^{2+}) \cdot a(SO_4^{2-}) = f(Ca^{2+})[Ca^{2+}]f(SO_4^{2-})[SO_4^{2-}] \quad (2.6)$$

где  $f$  - коэффициенты активности ионов, определяемые по третьему приближению уравнения Дебая-Хюккеля [1].

Для произвольного электролита  $A_{zX}X_{zA}$  оно имеет вид

$$\lg(f_{\pm})_{A,X} = -\frac{A|z_A \cdot z_B| \cdot \sqrt{I}}{1 + B \cdot a \cdot \sqrt{I}} + b \cdot I, \quad (2.7)$$

где  $A$  и  $B$  – постоянные коэффициенты, которые зависят от характеристик растворителя и его температуры;  $z_A$ ,  $z_X$  – заряды катиона и аниона для данного электролита;  $a$  и  $b$  – эмпирические константы, определяемые по справочным данным [2];  $I$  – ионная сила раствора электролита, которая характеризует суммарную концентрацию и заряд всех ионов в растворе и определяются по формуле:

$$I = \frac{1}{2} \sum C_i \cdot z_i^2, \quad (2.8)$$

где  $C_i$  – концентрация иона (моль/л) и  $z_i$  – заряд каждого иона в растворе.

Результаты расчета произведения растворимости сульфата кальция при смешении пластовой воды Иреляхского ГНКМ и раствора повышения пластового давления представлены на рис. 1.

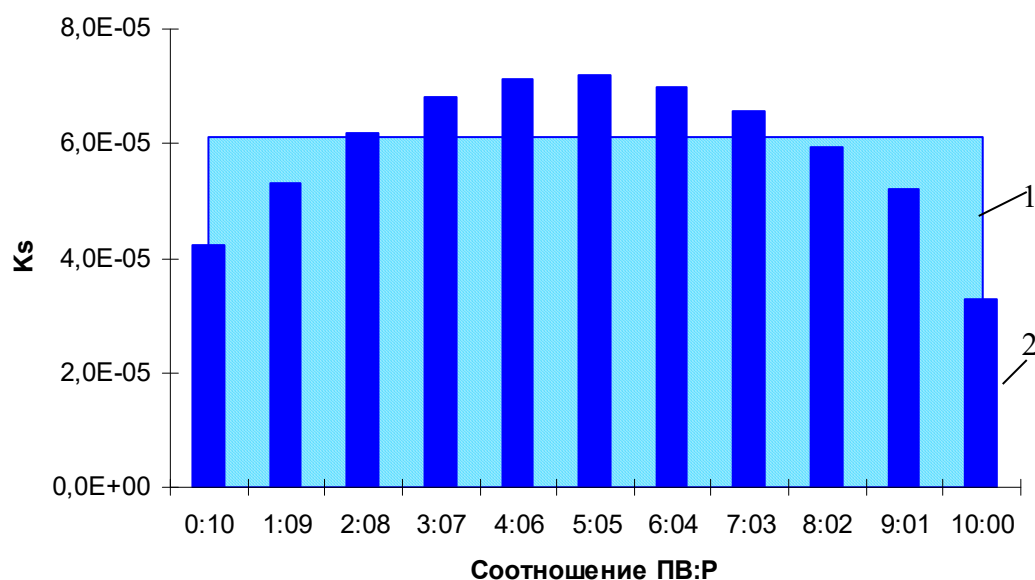


Рис. 1. Зависимость произведения растворимости сульфата кальция от соотношения пластовой воды Иреляхского ГНКМ к рассолу ППД при 10°C: 1- табличное значение  $K_s^0$ ; 2- рассчитанное значение  $K_s^0$

Из рис. 1 видно, что при температуре 10°C в пластовой воде и в растворе ППД процесс осадкообразования сульфата кальция происходит при их смешении в диапазоне соотношений 2/8 – 7/3, поскольку произведения растворимостей больше предельных значений.

Выпадение осадков других малорастворимых соединений (гидроксиды кальция и магния) не происходит, т.к. произведение их активностей меньше табличных значений  $K_s^0$ .

Другой не менее важной проблемой совмещения пластовой воды и рассола ППД является возможность кристаллизации хлорида натрия. Как видно из таблицы 2, концентрация хлорида натрия не превышает предельную концентрацию (растворимость) его в воде, т.е. при смешении пластовой воды с минерализованной водой в свободном объеме кристаллизация соли происходить не будет.

Таблица 2

**Растворимость хлорида натрия в воде (10°C) при разных соотношениях пластовой воды Иреляхского ГНКМ и раствора ППД**

Соотношение ПВ:Р	Табл. значения. [10]	0/10	1/09	2/08	3/07	4/06	5/05	6/04	7/03	8/02	9/01	10/00
$S$ (10°C), г/100г растворителя	35.7	6.62	6.63	6.53	6.31	5.98	5.57	5.06	4.49	3.84	3.13	2.14

Таким образом, при совмещении минерализованной воды, используемой в качестве агента поддержания пластового давления, и пластовой воды Иреляхского ГНМ в пластовых условиях будет происходить выпадение твердого осадка в виде сульфата кальция, что, вероятно, будет снижать фильтрационные характеристики породы - коллектора.

#### Литература

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 448 с.
2. Справочник химика / Под ред. Никольского Б.П.. Т. 3. М.: Химия, 1964. 1167 с.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №06-05-96153-р-восток-а

УДК 622.276.72

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЗАВОДНЕНИЯ НА ИРЕЛЯХСКОМ ГНМ**

Федорова А.Ф., к.т.н., [faitalina@mail.ru](mailto:faitalina@mail.ru),

Шиц Е.Ю., к.т.н., [l.u.shitz@ipng.ysn.ru](mailto:l.u.shitz@ipng.ysn.ru),

Портнягин А.С., [portal@ipng.ysn.ru](mailto:portal@ipng.ysn.ru),

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

В практике добычи нефти используются разнообразные методы ППД и повышения КИН, начиная от заводнения пласта практически пресными водами до сложных циклических закачек разнообразных жидких и газообразных флюидов. Вязкость вытесняющих растворов является одной из главных характеристик, от которой зависит эффективность мероприятий по поддержанию пластового давления (ППД) и по повышению коэффициента извлечения нефти (КИН). По вязкости вытесняющих растворов рассчитываются скорости фильтрации флюидов в породе-коллекторе, а также мощности технологического оборудования, применяемого при добыче нефти.

Пластовые температуры залежей нефти варьируются в весьма широких пределах, достигая 100<sup>0</sup>С и выше, которые существенно влияют как на реологические свойства закачиваемых в пласт вытесняющих растворов, так и на физико-химические их характеристики. Нефтяные месторождения Юго-Западной Якутии, в т.ч. и Иреляхское ГНМ, характеризуются специфическими термобарическими параметрами – аномально низкими пластовыми температурами и давлениями. Так, пластовые температуры этих месторождений, залегающих на глубинах от 1100 до 2000м, составляют 12-16<sup>0</sup>С, что на 40-50<sup>0</sup>С ниже среднемировых (при геотермическом градиенте 3<sup>0</sup>С/100м). Такие пластовые температуры приводят к существенному повышению вязкости нефти в пластовых условиях, что необходимо учитывать при выборе агента ППД и его состава.

В этой связи были проведены исследования по изучению изменений реологических характеристик полимерных систем для ППД и повышения КИН применительно к пластовым условиям Иреляхского газонефтяного месторождения.

Широкое применение полимеров для повышения эффективности метода заводнения основано на способности их водных растворов, даже при низкой концентрации полимера, значительно снижать соотношение вязкостей нефти и воды, анизотропию самого пласта и изменять реологические свойства и структуру фильтрационных потоков пластовых флюидов. Для совершенствования гидродинамического воздействия на пласт-коллектор практически все самые передовые нефтевытесняющие технологии, в том числе методы

комбинированного воздействия на пласт разрабатываются на основе растворов полиакриламида (ПАА) и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ).

Так как на практике обычно применяются растворы полимеров с концентрациями от 0,4 до 10 г/л для исследования реологических свойств растворов ПАА и КМЦ в различных условиях были использованы растворы с концентрациями 0,5; 1; 2; 3; 4 и 5 г/л.

На рис.1 и 2 представлены полученные зависимости динамической вязкости растворов полиакриламида (ПАА) и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) от их концентрации при температурах возможной эксплуатации. Видно, что значения динамической вязкости растворов полимеров увеличиваются с понижением температуры и повышением концентрации полимер.

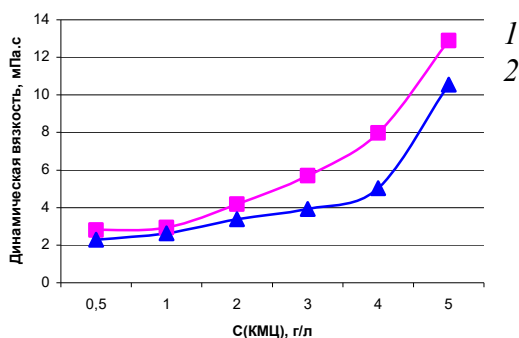


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости раствора КМЦ от концентрации: 1- при 10 °C, 2- при 20 °C

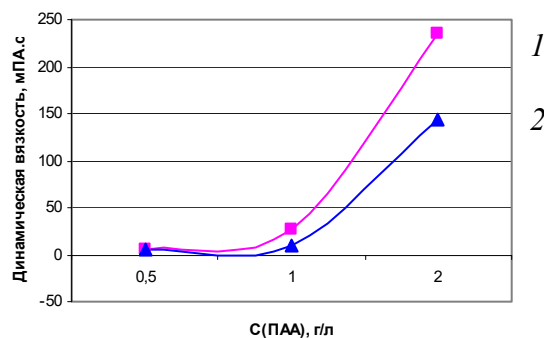


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости раствора ПАА от концентрации: 1- при 10 °C, 2- при 20 °C.

Одним из важных параметров гидродинамического воздействия является соотношение вязкостей нефти и агента ППД. Чем оно меньше, тем эффективнее процесс перемещения нефти в пласте. В таблице 1 приведены значения соотношения вязкостей нефти Иреляхского месторождения РС (Я) и исследуемых растворов полимеров, а также применяемого в настоящее время на Иреляхском ГНМ высокоминерализованного раствора, получаемого процессом выщелачивания из каменных солей Чарской свиты (скважина №1РЭ).

Из таблицы 1 видно, что наиболее эффективными для использования в качестве агентов поддержания пластового давления с точки зрения исследованного параметра являются растворы полиакриламида с концентрациями 1,0 и 2,0 г/л и раствор карбоксиметилцеллюлозы с концентрацией 5,0 г/л.

Установлено, что температура оказывает значительное влияние на исследуемый параметр. Так, для растворов ПАА установленных эффективных концентраций с понижением температуры соотношения вязкостей нефти и вытесняющего раствора уменьшаются, а в случае раствора с концентрацией 1г/л уменьшаются в 2 раза (табл.1). По сравнению с высокоминерализованным раствором ППД значения исследуемого параметра для растворов ПАА и КМЦ при температурах соответствующих пластовым, в 3 и 1,5 раза ниже соответственно (табл. 1).

**Соотношение динамической вязкости нефти  
Иреляхского месторождения и растворов**

№ п/п	Раствор, концентрация	$\eta = \eta_n / \eta_b$	
		10 °С	20 °С
1	<i>Раствор для ППД, минерализация 284,92 г/л</i>	<i>10,5842</i>	<i>9,018582</i>
2	Раствор ПАА, 0,5 г/л	15,38158	12,44397
3	Раствор ПАА, 1,0 г/л	3,430377	7,031844
4	Раствор ПАА, 2,0 г/л	0,376988	0,431905
5	Раствор КМЦ, 0,5 г/л	31,79368	27,20499
6	Раствор КМЦ, 1,0 г/л	30,22988	23,7767
7	Раствор КМЦ, 2,0 г/л	21,28946	18,41026
8	Раствор КМЦ, 3,0 г/л	15,61824	15,85315
9	Раствор КМЦ, 4,0 г/л	11,16766	12,39429
10	Раствор КМЦ, 5,0 г/л	6,904179	5,910336

Кроме того, в рамках выполнения исследований по этой теме в лаборатории техногенных газовых гидратов ИПНГ СО РАН была всесторонне изучена проблема совместимости пластовых вод и закачиваемых растворов для ППД (в качестве которых используются высокоминерализованные жидкости). Были учтены их индивидуальный химический состав, ионная сила смешиваемых растворов, возможность протекания конкурирующих реакций, а также низкие пластовые температуры. Было установлено, что при совмещении этих растворов происходит значительное снижение фильтрационных характеристик пород – коллекторов по причине их интенсивной сульфатизации и кальцинирования.

Для исключения возможности снижения емкостных свойств коллектора при использовании метода полимерного заводнения необходимо исследовать особенности взаимодействия растворов полимеров и пластовой воды, то есть их совместимость.

С этой целью были проведены исследования процессов, происходящих при контакте растворов ПАА и КМЦ с пластовой водой в свободном объеме при различных температурах.

Для исследования совместимости растворов полимеров с пластовой водой были приготовлены смеси пластовой воды с растворами ПАА (1,0 г/л) и КМЦ (5,0 г/л) в следующих соотношениях: 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 соответственно и исследованы их вязкостные свойства при температурах 10 и 20 °С (рис. 3 и 4).



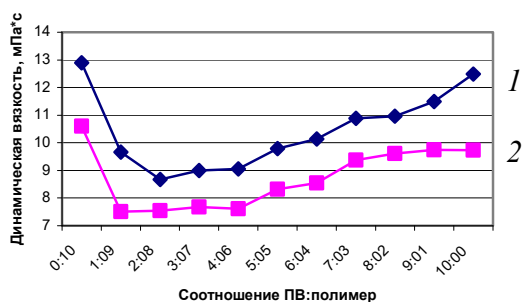


Рис. 3. Зависимость динамической вязкости раствора КМЦ (5 г/л) от количества добавленной пластовой воды: 1- при 10°C, 2- при 20°C

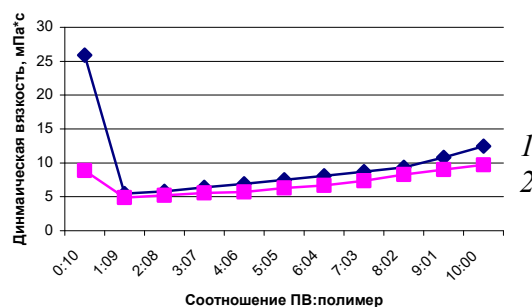


Рис. 4. Зависимость динамической вязкости раствора ПАА (1 г/л) от количества добавленной пластовой воды: 1- при 10°C, 2- при 20°C

Из рис. 3 и 4 видно, что характер зависимости динамической вязкости растворов полимеров от концентрации не зависит от температуры.

Снижение вязкости растворов исследованных полимеров при добавлении пластовой воды, прежде всего, объясняется высокой минерализацией пластовой воды (более 200 г/л). Установлено, что при смешении растворов полимеров как ПАА, так и КМЦ, с пластовой водой происходит уменьшение значения рН раствора (табл. 2).

При уменьшении рН растворов также установлено заметное снижение концентрации анионов (содержание хлорид- и гидрокарбонат-анионов уменьшается на 75 и 94% в случае с ПАА, на 77 и 89% - с КМЦ соответственно), что связано с электростатической адсорбцией анионов на положительных группах макромолекул полимеров (табл. 2).

Таблица 2

**Химический состав смесей растворов ПАА и КМЦ с пластовой водой**

Соотношение ПВ: полимер	рН	Ca <sup>2+</sup> , моль/л	Общая жесткость, моль/л	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , моль/л	Cl <sup>-</sup> , моль/л
<i>Пластовая вода</i>					
-	5	4,99	5,93	0,00732	6,89
<i>ПАА, 1 г/литр (рН=7)</i>					
1:9	5	0,37	0,55	0,00122	0,238
3:7	4,5	0,344	3,57	0,00073	0,405
5:5	4	0,341	2,71	0,00146	0,928
7:3	4	3,588	3,44	0,00098	1,357
9:1	4	4,644	4,39	0,00049	1,738
<i>КМЦ, 5 г/литр (рН=7)</i>					
1:9	5	0,302	0,437	0,00083	0,19
3:7	4,5	1,372	1,376	0,00098	0,555

5:5	4	2,452	2,222	0,00065	0,904
7:3	4	3,424	3,303	0,00049	1,301
9:1	4	4,055	4,043	0,00083	1,539

Таким образом, при исследовании процессов, происходящих при взаимодействии растворов полимеров и высокоминерализованной пластовой воды показано, что резкое уменьшение вязкости и концентрации ионов происходит вследствие уменьшения рН смесей и электростатической адсорбции ионов пластовой воды на активных группах макромолекул полимеров.

На основании исследований зависимости вязкости от температуры и механизма взаимодействия полимеров с пластовой водой выбраны рациональные концентрации растворов полимеров для применения в качестве агентов ППД, что составляет для раствора ПАА - 1,0 и 2,0 г/л, а для раствора КМЦ - 5,0 г/л.

Определение нефтевытесняющей способности вышеуказанных флюидов, а также высокоминерализованного раствора ППД проводилось на модифицированной установке УИПК-02М.

В табл.3 представлены значения коэффициентов водо- ( $K_e$ ), нефтенасыщенности ( $K_n$ ) и остаточной нефтенасыщенности ( $K_{н.ост}$ ).

Из таблицы видно, что нефтевытесняющая способность растворов КМЦ и ПАА на 49 и 43% соответственно выше нефтевытесняющей способности солевого раствора ППД.

Таблица 3

**Значения коэффициентов водо-, нефтенасыщенности и остаточной нефтенасыщенности**

№	Параметры	Рассол ППД	КМЦ (5г/л)	ПАА (1г/л)
1	$K_e$	0,114	0,09	0,0134
2	$K_n$	0,884	0,884	0,899
3	$K_{н.ост}$	0,531	0,274	0,307

Этот факт можно объяснить повышением отношения подвижностей и эффективности перемещения в пласте при введении растворов полимеров, что способствует более полному охвату фронтом вытеснения порового пространства образца, в том числе из пор малого диаметра.

**Выводы**

1. Впервые для нефтяных залежей юго-западной части РС (Я), характеризующихся весьма специфическими термобарическими условиями, показана возможность эффективного использования полимерного заводнения.

2. Установлено, что с точки зрения стабильности реологических свойств, реального соотношения вязкостей нефти и вытесняющих растворов и образующейся структуры, в условиях исследованного диапазона температур оптимальны растворы ПАА с концентрациями 1,0 и 2,0 г/л и КМЦ с концентрацией 5,0 г/л.

3. Исследованы процессы, происходящие при взаимодействии растворов ПАА и КМЦ с высокоминерализованной пластовой водой. Показано, что при смешении растворов полиэлектролитов и пластовой воды уменьшение вязкости и концентрации ионов пластового флюида происходит вследствие уменьшения рН смесей в процессе электростатической адсорбции ионов пластовой воды на активных группах макромолекул полимеров.

4. Экспериментально определена нефтewытесняющая способность растворов КМЦ и ПАА в условиях, приближенных к пластовым. Установлено, что она на 49 и 43% соответственно выше нефтewытесняющей способности солевого раствора, планируемого в качестве агента ППД Иреляхского ГНМ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №06-05-96153-р-восток-а

УДК 622.33:622.02(571.76)

### **УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ПЛАСТА К<sub>4</sub> ПОЛЯ ШАХТЫ «ДЕНИСОВСКАЯ»**

Черепанов А.Ю., Необутов Г.П., к.т.н., с.н.с., Петров Д.Н., м.н.с.,  
Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск

Одной из базовых отраслей экономики Республики Саха (Якутия) является угольная промышленность. Значительные запасы коксующихся и энергетических углей находятся в Южной Якутии. Возрастающий спрос на высококачественные угли требует наращивания объемов их добычи. Ввод в эксплуатацию новых угледобывающих предприятий как, например, шахта «Денисовская», научное обоснование для разработки углепроявлений эффективности применения тех или иных технологических схем является весьма актуальной задачей.

В общем комплексе вопросов, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых, важное значение имеет оценка физико-механических свойств горных пород. Объективными характеристиками физико-механических свойств в массиве, определяющих их устойчивость при обнажении и подработке, принято считать прочность пород в массиве (или в образце), степень их нарушенности трещинами различного происхождения происхождения и т.д., и результаты исследований в данном направлении являются базовыми для решения целого ряда горно-строительных и эксплуатационных задач шахты «Денисовская».

Обзор проектной и горно-геологической документации показывает, что по геологическому строению, выдержанности мощности пластов и качеству угля Денисовское месторождение относится к месторождениям сложного строения – 2 группе Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угленосный пласт К<sub>4</sub> представляет собой одну из самостоятельных пачек.

Сложность геологического строения обусловлена наличием пликативной пологой складки в восточной половине шахтного поля, мелкоамплитудных разрывных и флексуорообразных нарушений, трещиноватостью пород и интенсивной трещиноватостью угля, изменчивостью мощности пласта К<sub>4</sub> в пределах 25 – 50% и наличием в нем прослоев пород, трудной обрушаемостью и управляемостью кровли, неоднородностью качества угля, изменяющегося от коксового угля до коксового отощенного, склонностью угля к интенсивному пылеобразованию, наличием зоны многолетней мерзлоты.

Угленосные отложения повсеместно перекрыты отложениями четвертичного возраста. Мощность их изменяется от 0,5 до 3,0 м, в отдельных случаях до 4,0 – 5,0 м.

В строении непосредственной кровли пласта К<sub>4</sub> принимают участие все литотипы углевмещающих пород от алевролитов до крупнозернистых песчаников. Мощность слоев крупнозернистых песчаников составляет 1,6 – 2,5 м. Песчаники среднезернистые вскрыты в непосредственной кровле рассматриваемого угольного пласта и образуют обширные поля северо-западного простирания. Мощность слоев среднезернистых песчаников меняется от 1,6 до 11,4 м. При больших мощностях песчаников они будут одновременно являться непосредственной и основной кровлей.

Песчаники мелкозернистые в непосредственной кровле пласта имеют относительно ограниченное распространение. Они образуют удлиненные на север и северо-запад поля, которые сменяются полями среднезернистых песчаников. Слои мелкозернистых песчаников достигают мощности 16 м. В целом непосредственная и основная кровли пласта, сложенные песчаниками разной зернистости, относятся к весьма устойчивым, трудно обрушающимся и частично к среднеустойчивым (на участках с алевролитами). Алевролиты в принятых к отработке границах пласта имеют ограниченное распространение у восточной границы. Они имеют мощность 0,2 - 0,5 м и будут образовывать «ложную» кровлю.

В непосредственной кровле пласта преимущественное развитие имеют слаботрещиноватые и трещиноватые породы, которые также представлены алевролитами и песчаниками крупнозернистыми, среднезернистыми и мелкозернистыми. Очень редко встречается аргиллит. Алевролит крупнозернистый и мелкозернистый достигает мощности 2,0 – 5,0 м, довольно крепкий ( $f = 4 - 7$ ), не размокает и не пучит.

На выходе пласта под наносы (до глубины 70 м) распространена зона многолетней мерзлоты. Вдоль выхода под наносы зона многолетнемерзлых пород отсутствует только на площади, к долине руч. Дежневка. Большая часть пласта, залегающая в зоне многолетней мерзлоты вдоль выхода под наносы, будет отработана действующим участком открытых работ. Вдоль р. Чульман зона многолетнемерзлых пород и угля расположена в целике под водоохранную зону.

Авторами статьи проведены исследования основных физических характеристик углевмещающих пород пласта К<sub>4</sub> по известной методике, использовавшейся при проведении натуральных и лабораторных исследований пород ряда рудных месторождений Якутии, и учитывающей основные теоретические положения механики мерзлых пород.

Предел прочности при растяжении является одной из наиболее важных характеристик механических свойств горных пород, от которой зависят проявления горного давления и обрушение пород при подземной разработке месторождений. Вместе с тем, именно эта величина имеет очень большое значение для технологии разрушения пород в массиве горными машинами и посредством взрывов, так как хрупкий разрыв играет обычно в указанных процессах преобладающую роль. Отсюда систематические исследования прочности пород на растяжение весьма необходимы.

В представленной работе основное внимание уделено именно указанной характеристике горных пород, чему также способствовало отсутствие керновых проб.

Образцы для испытаний были представлены пробами основных типов горных пород всяческого бока с различных глубин пласта К<sub>4</sub> Денисовского месторождения.

При проведении лабораторных исследований была уточнена геолого-петрографическая характеристика исследуемых типов горных пород, которые характеризуются следующим образом:

№1 – брекчия с карбонатным цементом (обломочная порода) с остроугольными обломками размером по длинной оси до 12 мм (цемент карбонатный), объем цемента составляет порядка 70%;

№2 – темно-серый тонкозернистый песчаник с прослоями алевролита темного цвета с признаками кливажа с выделениями тонких и тончайших прожилков карбоната – с наличием вдоль поверхности скола железистых окисленных примазок, с неправильной поверхностью скола;

№3 – светло-серый тонкозернистый алевролит с карбонатным цементом с неправильно скользящей поверхностью скола;

№4 – тонкозернистый песчаник серого цвета с карбонатной составляющей в цементе с плиточной отдельностью (20-40 мм), с включениями сингенетичного выветрелого пирита размером до 2 мм.

Отметим, что наличие в породах большого количества макроскопических дефектов, мелких трещин, неоднородностей и плоскостей ослабления, представленных прожилкованиями, способствует большому разбросу значений прочностных показателей. По аналогии со статической теорией, согласно которой прочность тела определяется прочностью наиболее слабого его участка, трещиноватость и другие структурные дефекты (неоднородность вещественного состава, текстуры и структуры) в пробах, испытываемых на прочность, способствуют разупрочнению образца.

Определение механических свойств углевмещающих пород проводилось комплексным методом испытаний с использованием прибора-пробника БУ-11 и универсальной испытательной машины UTS со стандартным блоком измерения и управления (компьютерное оснащение), укомплектованной холодильной установкой NOSKE-KAESER.

Пробник БУ-11 представляет собой механическое нагрузочное устройство с приводом и предназначен для комплексного определения прочностных и деформационных характеристик горных пород в лабораторных и полевых условиях на образцах произвольной формы по ГОСТ 24941-81 [1]. Теоретической основой определения предела прочности на одноосное растяжение указанным методом является известное решение плоской задачи о силовом контакте двух упругих тел с криволинейными поверхностями, касающимися до деформации в одной точке.

Количество образцов неправильной формы каждого литотипа с каждого места отбора проб бралось не менее 10 с целью обеспечения надежности результатов измерений не ниже 80% и относительной погрешности не более 30%.

Следует отметить, что анализ экспериментальных данных, выдаваемых машиной UTS после компьютерной обработки проводимых испытаний, требует соответствующей подготовки интерпретатора. Испытательная машина реагирует на хрупкость, пластичность, имеющиеся выступы, неровности, трещиноватость и т.д. испытываемого образца.

В отношении определения прочности пород на сжатие метод является косвенным, а по уровню надежности относится к упрощенным [2]. В нем используется эмпирически построенная корреляция величин пределов прочности пород при одноосном сжатии и растяжении. Определение предела прочности на одноосное сжатие проводилось расчетным методом – по

корреляционным зависимостям, взаимосвязям между пределами прочности при сжатии и растяжении (встречными сферическими инденторами), установленным в работе [3].

Основным физическим свойством пород, характеризующим их объемную массу в естественных условиях (в поле силы тяжести и всестороннего горного давления в массиве), является объемная плотность (или объемный вес) в атмосферных условиях, количественно объединяющая три других свойства – минералогическую плотность, пористость и влажность.

Лабораторное определение объемного веса пород – наиболее часто используемой плотностной характеристики горных пород, зависящей от их состава и структуры и являющейся весом единицы объема всей горной породы, производилось волюмометрическим методом.

Результаты испытаний образцов углевмещающих пород пласта К<sub>4</sub> на сведены в нижеследующую таблицу.

**Сводная таблица результатов определения основных физических свойств углевмещающих пород пласта К<sub>4</sub> Денисовского месторождения**

Показатели	Литотип №1 Брекчиевидная порода	Литотип №2 Песчаник мелкозерн.	Литотип №3 Алевролит мелкозерн.	Литотип №4 Песч.мелкоз. с отдельн.
предел прочности на одноосное растяжение, МПа	0,471	6,78	3,367	6,58
предел прочности на одноосное сжатие, МПа	37,53	61,76	59,74	60,03
объемный вес, г/см <sup>3</sup>	2,12	2,55	2,44	2,52
коэффициент хрупкости	0,0125	0,11	0,056	0,11

Следует учесть, что на показатели свойств горных пород оказывает влияние масштабный фактор. С увеличением размеров испытываемых образцов показатели прочности и упругости, как правило, уменьшаются. Изменяются и показатели других свойств.

Прочностные свойства исследованных пород, их объемный вес в среднем не отличаются от данных, приводимых в литературных источниках по изучению их свойств на месторождениях других регионов.

Знание прочностных свойств углевмещающих пород будут необходимы на любой стадии ведения горных работ при выемке пласта К<sub>4</sub> поля шахты «Денисовская».

#### Литература

1. ГОСТ 24941-81. Породы горные. Методы определения механических свойств нагружением сферическими инденторами.
2. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Том 2. Лабораторные методы / Под ред. Е.М. Сергеева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 438 с.
3. Физико-механические свойства углевмещающих пород Южно-Якутского бассейна / Н.Н. Гриб, А.В. Самохин. Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1999. 240 с.

УДК 658.345:622(075.80),622.8.807.2,622.333

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Шувалов Ю.В., д.т.н., профессор, Никулин А.Н., Гаспарьян Н.А.,  
Смирнов Ю.Д., Каменский А.А.,  
Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова  
(технический университет), г. Санкт-Петербург, shuvalov@spmi.ru

Добыча полезных ископаемых тесно связана с процессами воздействия человека на окружающую среду с целью обеспечения сырьевыми и потерями части ресурсов.

Суровый климат, сложные гелиофизические условия на большей части территории страны накладывают существенный отпечаток на безопасность человека, работающего и проживающего в регионах с интенсивной добычей полезных ископаемых, которая определяется повышенной опасностью труда на горных предприятиях, особенно с подземным способом добычи полезных ископаемых, где травматизм и аварийность в 3-10 раз выше, чем при открытой разработке месторождений, или в других отраслях промышленности [1-5].

Риск травм с летальным исходом в угольной промышленности за последние 10 лет составляет от 0,36 до 0,88 на тысячу работающих, в то время как при ДТП он равен 0,25 [4]. Эта же отрасль лидирует и среди горнодобывающих, превышая в 8-12 раз травматизм в нерудной промышленности.

Научной школой СПГГИ (ТУ) разрабатывается комплекс мер по защите окружающей среды от вредного воздействия технологических процессов при открытой и подземной разработке угля, который сегодня является востребованным природным энергетическим ресурсом, а в перспективе станет одним из главных, так как обеспеченность им может удовлетворить потребности всех отраслей на период в несколько сотен лет.

Добыча угля делится на открытый способ добычи (карьеры, разрезы) и подземный (шахты). Основной проблемой в обоих случаях является защита окружающей среды от вредного действия пыли. Пыль и газообразные продукты в атмосфере горных выработок и на поверхности техногенного массива являются во многих случаях источниками профессиональных вредностей и опасностей возгорания и взрывов. Заболевания органов дыхания рабочих являются самыми распространенными (более 30 %) при добычи угля.

Источниками пылеобразования, как при ведении работ, так и после прекращения деятельности карьера, являются такие источники как отвалы, пляжные зоны хвостохранилищ и эрозионные зоны. Загрязнение отходами горного производства, представленными дисперсными и тонкодисперсными материалами происходит за счет эолового рассеивания складированного материала и попадания его в воздух и почву.

В настоящее время научной школой СПГГИ (ТУ) в стадии разработки находится новый способ локального пылеподавления при проходке горных выработок. Способ основан на действии высокократной пены из водного раствора с добавлением ПАВ на мелкодисперсную пыль. Добавление пенообразователя в воду снижает ее поверхностное натяжение. При взбалтывании жидкости или пропускании через нее воздуха на поверхности жидкости образуется пена. Пузырьки воздуха оказываются заключенными в жидкие оболочки, которые

имеют меньшее поверхностное натяжение, чем вода. Оболочки находятся в растянутом состоянии, так как давление воздуха в пузырьках пены больше давления воздуха атмосферы.

Другим способом комплексного воздействия на источники пылевыделения и отложения рыхлых техногенных массивов является круглогодичная система пылеподавления и биопродуктивной рекультивации, основанная на связывании диспергированными водными растворами аэрозолей и аэрогелей, образующихся в процессе добычи и перемещения горных пород или полезного ископаемого [7,10,13]. При этом для повышения эффективности процесса в условиях положительных и отрицательных температур атмосферного воздуха могут быть использованы фазовые переходы воды, т.е. конденсация и снегообразование. Для повышения продуктивности, образующихся в процессе перемещения горной массы техногенных массивов, и их защиты от ветровой эрозии рекомендуется использовать биопродуктивные добавки к воде, например, сапропель, обладающий клеящими и биопродуктивными свойствами [8].

Нанесение водных растворов осуществляется с помощью установки, работающей в зимний период как снегообразующая, а в летний – как туманообразующая.

Более перспективным для горных предприятий является использование пневмогидравлических форсунок, в которых диспергирование воды, образование её аэрозоля и ядер кристаллизации происходит в камере смешивания, куда подается через сопло Лавале сжатый воздух и вода, а аэрозоль выбрасывается через второе сопло Лавале в атмосферу.

Максимальный эффект охлаждения и стабильного снегообразования достигался при работе вентилятора и минимальной температуре воды.

В СПГИ (ТУ) разработан, сконструирован и испытан новый тип парогенератора [12], не имеющий греющих элементов и абсолютно безопасный для шахтной среды. Стендовые и шахтные испытания показали его высокую эффективность и целесообразность при любых климатических условиях (зима, лето) в подземных выработках и на поверхности.

При открытой разработке угольных месторождений на территории расположения техногенных массивов могут появляться высокодисперсные аэрозоли, не поддающиеся эффективному осаждению за счет орошения с добавлением связующего вещества, а в некоторых случаях они могут быть даже взрывоопасными. В этих ситуациях укреплять пылящие поверхности рекомендуется биоактивной пеной на основе сапропеля, способного образовывать цепочки (склеиваться), тем самым изолируя отвалы, подготавливая поверхность к биологическому этапу рекультивации. При приготовлении пены сапропель используется в качестве естественного органического удобрения, а также как вещество, имеющее большую степень минерализации, а значит, являющееся стабилизатором пены, создающим своего рода каркас [15].

Для получения пенной смеси применена реакция газообразования на основе алюминиевой пудры, которая реагирует с гидратом окиси кальция в водной среде и выделяет водород [14,16].

Основными компонентами биопены являются сапропели, измельченные отходы мукомольной и зерноперерабатывающей промышленности (солома, листья, камыш, кора) и дополнительное связующее карбоксиметилцеллюлоза.

Можно выделить три слоя образованной биопены: нижний – состоит из избытков воды и клея, проникающих в поверхностный слой пылящего отвала, закрепляя его, верхний – сам слой биопродуктивной пены, а между ними – продукт реакции газообразования – кристаллы алюмината Торвальдсона, которые дополнительно изолируют поверхность отвала. Всхожесть



травы, посаженной в пенный слой мощностью до 3 см в лабораторных условиях изменяется в пределах 70 – 100 %.

Помимо проведения биологической рекультивации угольных отвалов во многих случаях возможно рациональное использование угольной мелочи либо других углеродсодержащих отходов промышленного производства и жизнедеятельности человека, что позволит значительно снизить загрязнение окружающей среды; сбережение ценных топливно-энергетических ресурсов; повышение полноты использования ресурсов; снижение затрат на производство тепловой энергии; широкое использование местных видов низкокалорийных топлив.

В настоящее время, одной из наиболее подготовленных в техническом и экономическом аспекте, является технология утилизации твердых горючих отходов путем окускования способом брикетирования и гранулирования. Данный способ предусматривает использование самого передового направления в области брикетирования – способа экструзионного векторного воздействия.

Технология получения брикетов основана на экспериментально установленном неизвестном ранее явлении миграции в толще брикета сложных флюидных систем и включает подготовку шихты смешиванием тонких классов горючих материалов (угольный шлак, мелочь, древесный опил) со связующим тонкодисперсным материалом, вводимым в состав шихты в сухом виде, брикетирование шихты и последующую температурную обработку при температуре от 120-150°C [17].

Подготовка шихты заключается в смешении и гомогенизации частиц первичной смеси, их сближение до получения вторичных ассоциатов (гранул) крупностью: 6-5 мм - 6-8 %, 5-1 мм - 43-45 %, 1-0,5 мм - 18-20 %, 0,5-0,1 мм - 28-30 %, < 0,1 мм - 0,7-1,1 %. При этом под действием давления формования от периферии брикета к его центру, и от центра к периферии при последующей термической обработке (сушке) происходит миграция сложных флюидных систем, которые включают в себя естественную или привнесенную влагу и растворенные в ней связующие компоненты, минеральные составляющие, а также вовлеченные в ее состав тонкодисперсные частицы материала шихты. Перемещение в толще брикета связующего компонента и тонкодисперсных частиц завершается образованием концентрических поверхностей (флуктуации прочности), что обеспечивает армирование и упрочнение брикета, а также его влагустойчивость [18,19].

Повышение эффективности сжигания окускованного твердого топлива достигается применением запальных - легковоспламеняющихся топливных брикетов, включающих зажигательный слой, содержащий гексаметилен тетрамин (25-50 %), нитрат калия (5-20 %) и горючую массу рядовых брикетов со связующим - термопластичным полиизопреном или эпоксидной смолой, модифицированной введением низкомолекулярного жидкого бутадиенового каучука с карбоксильными группами в соотношении смола - каучук: 1 моль на 0,08-0,1 [20].

Цена брикета может быть существенно снижена в зависимости от конкретных условий производства, так как себестоимость производства (без стоимости сырья) может быть доведена (снижена) до 150-120 руб. за тонну (цена брикета включает стоимость сырья, себестоимость производства 1 т брикета, отчисления на налоги, планируемую прибыль и НДС). Сравнительный анализ показывает высокую эффективность и самую низкую цену теплоэнергии полученную при использовании брикетного топлива.

При подземной разработке метаноносных пластов продолжает оставаться высоким риск аварий из-за взрывов метано-пылевоздушных смесей с большими человеческими и экономическими потерями. Одним из перспективных способов управления газовым режимом выемочных участков является использование шунтирующих аэродинамических сопротивлений в краевых зонах выработанного пространства у вентиляционного штрека (рис. 1-а) [11] и очистного забоя (рис. 1-б) [9]. Первые способны снизить значительные (до 40 % от общих) утечки воздуха через погашаемую вентиляционную выработку в верхней части лавы. Вторые могут обеспечить равномерное распределение утечек по поддерживаемой вентиляционной выработке или повысить эффективность работы флангового вентилятора.

Суть способа заключается в циклической подаче твердеющей устойчивой легкой пены перед посадкой непосредственной кровли и в выработанное пространство за механизированной крепью (рис. 1).

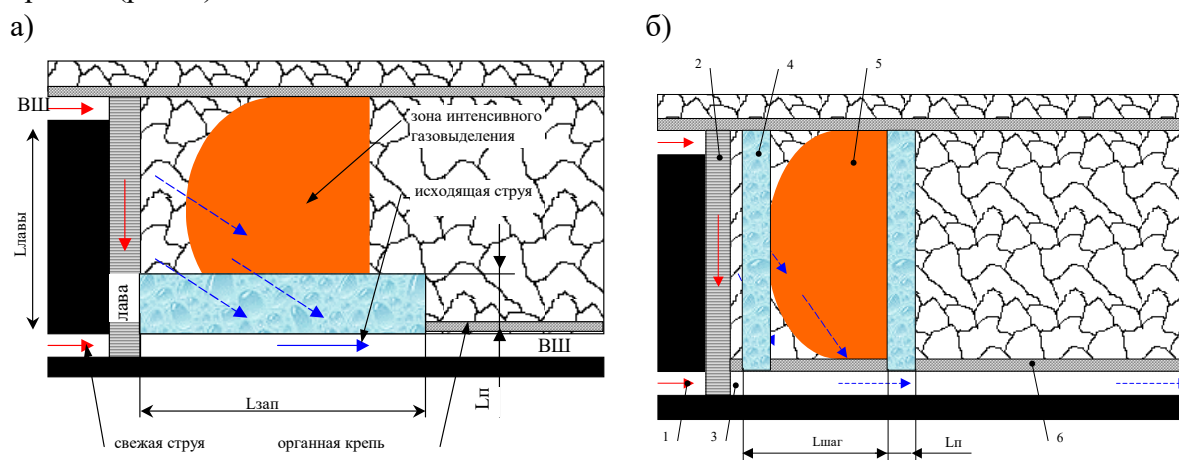


Рис. 1. Варианты способа управления утечками воздуха в выработанном пространстве

Способ (рис. 1) осуществляется при разработке угольных пластов длинными очистными забоями с управлением горным давлением полным обрушением пород кровли за крепью при прямооточном проветривании выемочного участка по воздухоподающему штреку 1, очистному забою 2, вентиляционному штреку 3. При этом часть воздуха проходит через зону повышенного метановыделения в выработанном пространстве 5, поступая на вентиляционный штрек 3.

На основе анализа различных видов пен предлагается использовать карбамидную твердую пену, которая представляет собой однородный материал мелкоячеичной структуры, получаемый путем механического смешения водного раствора карбамидоформальдегидной смолы с пенообразователем и раствора кислоты (ортофосфорной) с дальнейшим вспениванием смеси сжатым воздухом. Она обладает податливостью при сжатии и под действием горного давления уплотняется не теряя изоляционных свойств.

Твердеющая пена трудновоспламеняема, при непосредственном воздействии пламени ее поверхностный слой обугливается, деформируется, но пламя по поверхности не распространяется. Твердеющая пена устойчива к воздействию агрессивных шахтных сред, имеет достаточно высокие адгезионные свойства к углю, породе, дереву.

Заполнение пеной свободного пространства в пределах извлекаемой мощности пласта обеспечивает ее всплывание между кусками обрушающейся затем на нее непосредственной

кровли, заполнение пустот и даже образующейся полости между непосредственной и основной кровлей за счет разряжения воздуха в этом пространстве. В результате этих процессов увеличивается сопротивление движению утечек воздуха и снижается их расход, вплоть до полной изоляции выработанного пространства (жесткие пены), происходит перемещение утечек к призабойному пространству за пределы зоны высоких концентраций метана и повышается безопасность угольной шахты.

Исследования [14,16] показали, что применение пен длительной устойчивости существенно повышает безопасность ведения горных работ и экологическую защиту среды при относительно небольших удельных затратах материальных и денежных средств.

Рекомендованные для шахт и карьеров способы, системы и средства управления процессами аэро-газо-пыле-теплопереноса [8-14] позволяют существенно снизить (до 30-70 %) негативные риски при достаточно простых и недорогих конструктивных решениях.

Исследования подготовлены при поддержке правительства г. Санкт-Петербурга, Американского фонда гражданских исследований и развития, Министерства образования и науки РФ и НОЦ-015 СПГГИ (ТУ).

### Литература

1. Бурлаков С.Д., Шувалов Ю.В. Оценка влияния условий среды и труда на безопасность жизнедеятельности человека при освоении минерально-сырьевых ресурсов Крайнего Севера // Монография. СПб.: Изд. ГАЛАРТ, 2002. 267 с.
2. Азимов Р.А., Бенин А.А., Шувалов Ю.В. Развитие топливно-энергетического комплекса Республики Коми на основе современных технологий организации производства // Монография. СПб.: Изд. СПГГИ (ТУ), 2003. 428 с.
3. Безопасность труда горняков и шахтеров – главная задача горного надзора // Безопасность труда в промышленности. 2006. №3.
4. Галимуллин Ф.З. Производственный травматизм в период реструктуризации угольной промышленности // Безопасность труда в промышленности. 2006. №1.
5. Шувалов Ю.В., Гендлер С.Г., Павлов И.А. и др. Производственная безопасность: Учебное пособие. СПб.: Изд. СПГГИ (ТУ), 2005. 152 с.
6. Эггардт В.И., Шувалов Ю.В. и др. Повышение эффективности добычи угля в Печорском бассейне // Монография. СПб.: Изд. СПГГИ (ТУ), 2002. 201 с.
7. Бульбашев А.П., Шувалов Ю.В. Борьба с пылью на карьерах по добыче строительных материалов // Монография. СПб.: Изд. МАНЭБ, 2005. 208 с.
8. Шувалов Ю.В. и др. Установка для связывания пыли. Патент №2230997 от 20.06.2004, Бюл. изобр. №17.
9. Шувалов Ю.В. и др. Способ предотвращения взрывов газа и выработанном пространстве очистных забоев угольных шахт. Патент №2203425 от 27.04.2003, Бюл. изобр. №12.
10. Шувалов Ю.В. и др. Установка для получения искусственного снега. Патент №2159398 от 20.03.1999, Бюл. изобр. №32.
11. Шувалов Ю.В. и др. Способ предотвращения взрывов газа в выработанном пространстве. Патент №2100612 от 27.12.1997, Бюл. изобр. №36.
12. Шувалов Ю.В. и др. Шахтный парогенератор. Патент №2039294 от 09.07.1995, Бюл. изобр. №19.

13. Шувалов Ю.В. и др. Способ борьбы с пылью. Патент №2029098 от 20.02.1995, Бюл. изобр. №5.
14. Шувалов Ю.В., Смирнов Ю.Д. Искусственная почва / Патент на изобретение №2277326. Приоритет от 11.01.2005. Бюлл., №6, 2006 .
15. Шувалов Ю.В., Ильченкова С.А., Бульбашев А.П., Гаспарьян Н.А., Смирнов Ю.Д. Система пылеподавления и биопродуктивной рекультивации техногенных массивов на территории карьеров / Горный информационно-аналитический бюллетень. №10. М.: МГГИ, 2005.
16. Шувалов Ю.В. Безопасность жизнедеятельности трудящихся в горнодобывающих регионах Севера. СПб.: МАНЭБ, 2006.
17. Диплом № 219 на научное открытие “Явление самоструктурирования при брикетировании углеродсодержащих твердых материалов с активным тонкодисперсным связующим”. Авторы: Шувалов Ю.В., Нифонтов Ю.А., Бенин А.А.
18. Шувалов Ю.В., Нифонтов Ю.А., Экгард В.И., Бенин А.А., Никулин А.Н. Патент № 2227803 “Способ получения топливных брикетов”. Приоритет от 04.11.2004.
19. Шувалов Ю.В., Грищенко А.Е., Волковская С.Г., Нифонтов Ю.А., Никулин А.Н. Патент № 2254360 “Способ получения топливных брикетов”. Приоритет от 31.01.2002.
20. Шувалов Ю.В., Кусков В.Б., Маковский А.Н., Маковский С.А. Патент № 2208044 “Легковоспламеняющийся топливный брикет”. Приоритет от 31.01.2002.

УДК 622.271

## **КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Васильев П.Н., к.т.н., с.н.с.,

Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, г. Якутск

Основной сырьевой базой коксующихся углей на Востоке России является Южно-Якутский каменноугольный бассейн. В целом по Республике Саха (Якутия) балансовые запасы угля составляют 9615,0 млн.т, в том числе на долю Южно-Якутского бассейна приходится около половины всех запасов или 4500,0 млн.т.

Роль добычи угля в Южной Якутии возрастает, и угольная промышленность будет одной из ведущих отраслей республики в ближайшие 40-50 лет на Востоке РФ.

Основной промышленный интерес представляют месторождения наиболее изученного Алдано-Чульманского района, в котором из 22 месторождений три месторождения разведаны детально и переданы в промышленное освоение. Это Нерюнгринское, Чульмаканское и Денисовское. В Токинском районе интерес представляет Эльгинское месторождение, запасы по которому утверждены в количестве 1,6 млрд.т по категориям В + С<sub>1</sub>. В табл.1 дано распределение пластов угля по группам мощности на детально разведанных месторождениях Алдано-Чульманского района [1].

Таблица 1

**Распределение пластов по группам мощности на детально разведанных месторождениях Алдано-Чульманского района**

Месторождение, свита	Всего	Промышленных	Количество пластов по группам мощности, м			
			Весьма тонкие (до 0,5)	Тонкие (0,5-1,3)	Средние (1,3-3,5)	Мощные (>3,5)
Чульмаканское						
Кабактинская	16	3	13	3	-	Нет
Дурайская	30	3	20	7	3	
Денисовское	20	4	5	12	2	1
Кабактинская	40	4	19	18	3	Нет
Дурайская						

Из таблицы 1 видно, что данные месторождения, как и остальные месторождения Южно-Якутского бассейна представлены свитами пологопадающих пластов, значительная часть которых относится к тонким (0,5-1,3) и средним (1,3-3,5) по группам мощности, которые с успехом могут обрабатываться по комбинированной геотехнологии.

Под комбинированной геотехнологией, с точки зрения современных представлений в общем смысле, следует понимать технологию освоения месторождения открытым и подземным способом на весь период отработки месторождения.

Анализ горно-геологических условий месторождений Южно-Якутского бассейна показывает, что большинство месторождений угля, залегающих полого, могут быть отработаны комбинированным способом. Так, по комбинированной геотехнологии обрабатываются Нерюнгринское и Денисовское месторождения. По такой же технологии будут обрабатываться Чульмаканское и Эльгинское месторождения.

В ИГДС им. Н.В.Черского СО РАН разработаны новые геотехнологии комбинированного освоения угольных месторождений, направленные на значительное сокращение сроков перехода с открытых горных работ на подземные.

Одна из них предусматривает подземную отработку угольного столба вдоль остановленных открытых горных работ с помощью механизированного комплекса [2]. Эту технологию осуществляют следующим образом (рис. 1). После окончания открытых горных работ с поверхности проходят подземные подготовительные выработки и подготавливают к отработке выемочной столб по простиранию пласта полезного ископаемого. Другой выработкой, оконтуривающей столб является остановленная открытая горная выработка. После монтажа механизированного комплекса приступают к очистной выемке. По мере выемки полезного ископаемого в отработанном пространстве вдоль выемочного столба пробивают органную крепь и возводят бутовую полосу с гидроизоляционным слоем у выхода на поверхность. После некоторого отхода механизированного комплекса от монтажной камеры происходит обрушение пород кровли в отработанном пространстве, а выложенная бутовая полоса удерживает породы кровли, чем создаются безопасные условия работы на сопряжении очистного забоя с открытой горной выработкой. Кроме того, бутовая полоса исключает потери воздуха через отработанное пространство, а гидроизоляционный слой изолирует подземные выработки от затопления их ливневыми водами.

Преимуществами данной технологии являются:

- безопасность ведения подземных горных работ;
- отсутствие потерь воздуха через отработанное пространство;
- защита подземных горных выработок от затопления.

Основным недостатком данной технологической схемы является то, что работы по добыче угля в зимний период будут несколько осложнены.

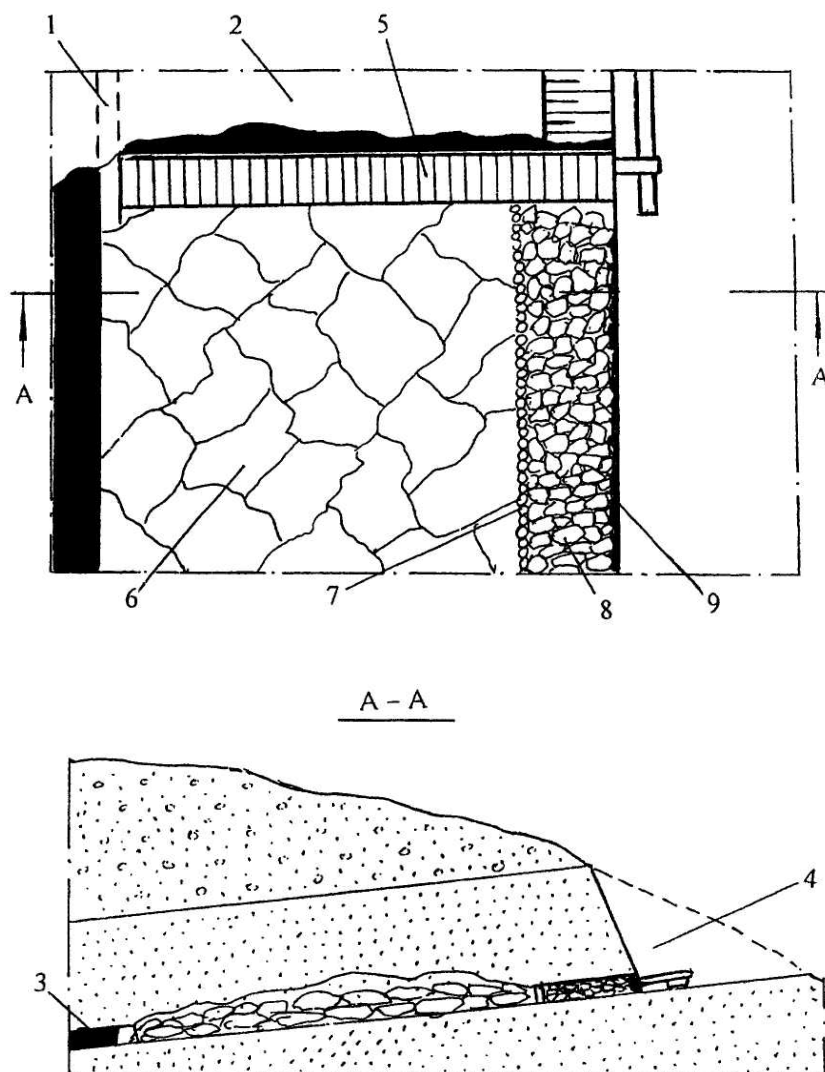


Рис. 1. Комбинированная разработка угольных месторождений

- 1- подземная подготовительная выработка; 2 – выемочной столб; 3 – пласт угля; 4 – открытая горная выработка; 5 – механизированный комплекс; 6 – отработанное пространство; 7 - органная крепь; 8 – бутовая полоса; 9 – гидроизоляционный слой

Другая комбинированная технология предусматривает нормальную круглогодичную работу [3]. Она предназначена для разработки угольных месторождений так же с помощью механизированного комплекса (рис. 2).

Технология включает проведение вскрышных и добычных работ открытыми горными работами, проведение подземных вскрывающих и подготавливающих горных выработок. Проведение монтажной камеры, монтаж очистного комплекса и ведение очистных подземных работ. При этом борт вскрышного уступа последней заходки участка открытых работ и вентиляционный штрек первого выемочного столба располагают по простиранию пласта вдоль границы между открытыми и подземными работами.

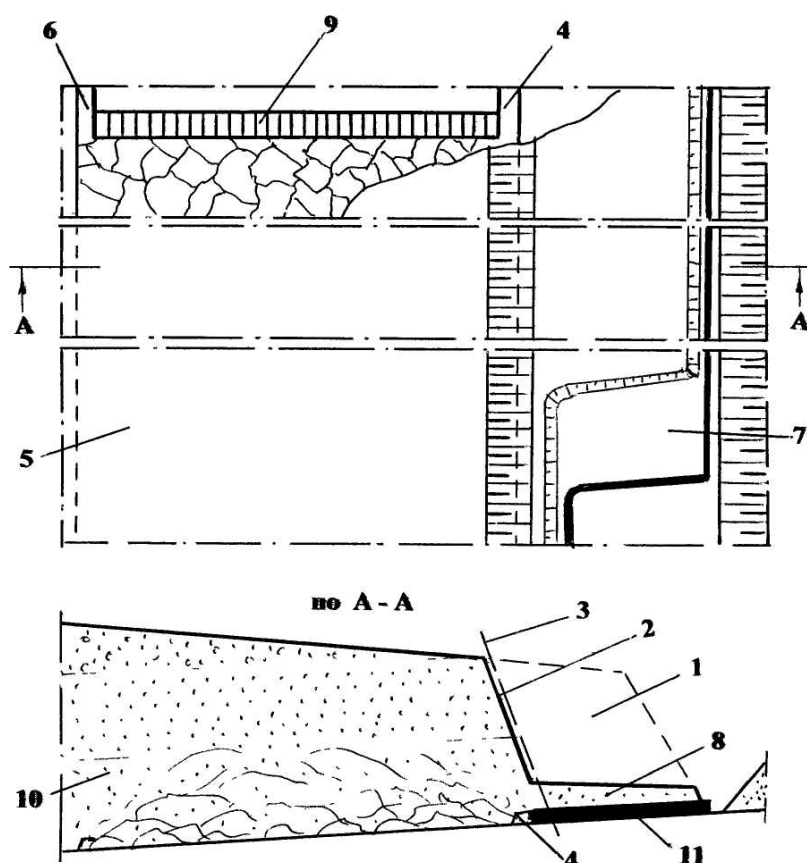


Рис. 2. Комбинированная разработка угольных месторождений

- 1 – последняя заходка вскрышных работ; 2 – борт вскрышного уступа; 3 – граница между открытыми и подземными горными работами; 4 – вентиляционный штрек; 5 – выемочной столб; 6 – откаточный (конвейерный) штрек; 7 – пласт угля; 8 – слой оставленных пустых пород; 9 – очистной комплекс; 10 – основная кровля; 11 – охранные целики

При отработке последнего вскрышного уступа над пластом полезного ископаемого оставляют слой пустых пород мощность не менее 3м, а выемку полезного ископаемого, находящегося в охранных целиках, ведут после выемки комплексом первого выемочного столба и обрушения основной кровли на выработанным пространством. Монтажную камеру для комплекса проводят на границе выемочного столба по падению пласта. Технологическая схема позволяет исключить потери полезного ископаемого в охранных целиках, улучшить условия управления кровлей при труднообрушаемых породах, обеспечить более производительную работу комплекса и равномерную работу по добыче угля.

## Литература

1. Угольная база России. Кн.2. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока. М.: Изд-во ЗАО Геоинформарк, 1999. 640 с.
2. Патент РФ № 2265722, Е 21 С 39/00 Способ открыто-подземной разработки месторождений полезных ископаемых / Васильев П.Н., Шерстов В.А., Зубков В.П., заявл. 02.12.2003, опубл. 20.05.2005 // Изобретения. Полезные модели. 2005. № 34.
3. Патент РФ № 2117155, Е 21 С 41/00 Способ комбинированной разработки месторождений / Васильев П.Н., заявл. 06.08.96г., опубл. 10.08.98 // Изобретения. 1998. № 22.

УДК 669.14.539.89

### ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ ПРОЦЕССА АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Захарова М.И., Лыглаев А.В., д.т.н., Большаков А.М., к.т.н.,  
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск,  
[marine3@yandex.ru](mailto:marine3@yandex.ru)

#### Аннотация

В последние годы, как показывает практика эксплуатации технических систем жизнеобеспечения в экстремальных условиях, интенсивность аварий повышается. Для объективного решения проблемы уменьшения тяжести последствий аварий, необходимо заранее оценивать опасность количественно. В данной статье приведены основные моменты процесса анализа риска, как элемента системы управления промышленной безопасностью.

#### 1. Введение

В настоящее время для обеспечения жизнедеятельности на Севере создано большое количество сложных технических систем, в связи с интенсивным его освоением. В последние годы, как показывает практика эксплуатации технических систем жизнеобеспечения в экстремальных условиях, интенсивность аварий повышается.

Отказы технических сооружений оказывают вредные воздействия на окружающую среду. Для объективного решения проблемы уменьшения тяжести последствий аварий, необходимо заранее оценивать опасность количественно.

Анализ риска представляет собой один из существенных компонентов обеспечения безопасности и проводится для выявления отдельных источников опасности и оценки их потенциального влияния на возможные ущербы, которые могут быть причинены населению, окружающей среде и хозяйственным объектам.

#### 2. Понятие риска

Анализируя различные определения риска, следует отметить, что они включают множество других понятий, ключевыми из которых являются опасность и ущерб. Таким образом, риск служит мерой осознаваемой человеком опасности в его жизни и деятельности.

#### 3. Математическое определение риска

В настоящее время вводят понятие риска  $R$ , определяемого как произведение вероятности  $P$  неблагоприятного события (аварии, катастрофы, и т.д.) и ожидаемого ущерба  $U$  в результате этого события [1]:

$$R = PU$$



#### **4. Анализ риска**

Анализ риска или риск-анализ – процесс идентификации опасностей и оценки риска для отдельных лиц, групп населения, объектов, окружающей природной среды и других объектов рассмотрения.

**Анализ риска должен дать ответы на три основных вопроса:**

1. Что плохого может произойти? (Идентификация опасностей)
2. Как часто это может случиться? (Анализ частоты)
3. Какие могут быть последствия? (Анализ последствий) [2].

#### **5. Методика анализа риска**

Методика анализа риска предполагает [3]:

- 1) Формирование системы исходных данных.
- 2) Формирование набора инициирующих событий.
- 3) Расчет числовых характеристик явлений аварии.
- 4) Обработка сценарного файла.
- 5) Анализ полученных результатов.

Рассмотрим указанные процессы подробнее.

##### **5.1. Формирование системы исходных данных**

Производится поиск и введение в базу данных всей необходимой при проведении анализа риска информации.

- 1) Природно-климатические и гидрологические особенности района.
- 2) Общая характеристика месторасположения, близлежащие промышленные объекты и населенные пункты, зоны особой значимости и окружающая среда.
- 3) Исходные данные по характеристикам опасных веществ и описанию технологического процесса на опасном производственном объекте.
- 4) Исходные данные по численному и профессионально-квалификационному составу работающих, размещению персонала на территории опасного производственного объекта

##### **5.2. Формирование набора инициирующих событий**

Данный процесс заключается в подготовке списка инициирующих событий. Иницилирующими событиями являются разливы нефтепродуктов в окружающую среду.

Результатом идентификации опасностей являются перечень оборудования объекта, включающий в себя сведения для каждой единицы оборудования по следующему списку:

- 1) наименование;
- 2) тип оборудования;
- 3) размеры и расположения;
- 4) объем хранения опасного вещества;
- 5) уязвимость к воздействию поражающих факторов.

К основным причинам и факторам, способствующим к реализации опасности, связанным с отказами оборудования, относятся:

- 1) экстремально-низкие температуры,
- 2) наводнения и пожары,
- 3) физический износ, коррозия, механические повреждения,
- 4) человеческие факторы.

### 5.3. Расчет числовых характеристик явлений аварии

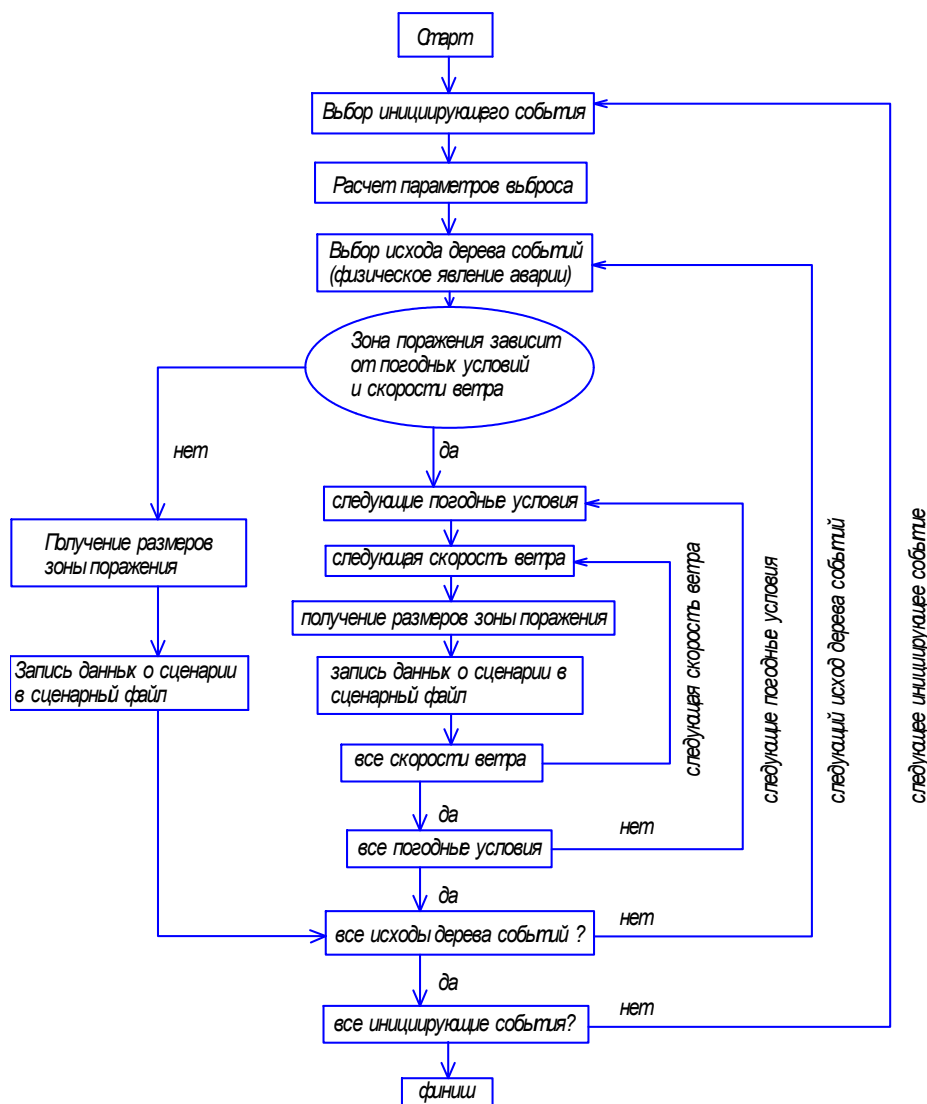
В этом процессе производится расчет размеров зон поражения и запись всех полученных результатов в сценарный файл. Данный процесс представляет собой важнейший этап анализа риска, так как именно здесь формируются количественные оценки последствий аварии, определяются возможные опасные факторы аварии и их интенсивность, дистанции, на которые распространяются влияние опасных поражающих факторов, а также возможные пути развития аварийной ситуации после осуществления любого инициирующего события (метод деревьев событий).

Рассматриваются следующие механизмы истечения опасных веществ: истечение жидкостей из технологического оборудования и всех возможных при этом режимах истечения (от мгновенных до стационарных выбросов). Результатом этих расчетов являются массовые скорости истечения, физические параметры образовавшихся разливов, паровых облаков, существенные для их эволюции. Также здесь задаются алгоритмы расчета количественных параметров опасностей, происходящих по следующим механизмам: разлив жидкости, испарение разлива, дрейф парового облака, модели воспламенения для различных участков опасных производственных объектов и различных погодных условий. Результатом этих расчетов являются характеристики струй, разливов, паровых облаков, существенно определяющие возможности их поражающего действия.

Далее задаются алгоритмы расчета количественных параметров нагрузок (ударных, тепловых, осколочных), возникающих при сгорании разливов, паровых облаков, происходящих по следующим механизмам: пожар-вспышка; пожар разлива, в том числе горение резервуара, взрыв парогазовоздушного облака, как в замкнутом помещении, так и на открытом пространстве, взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости, диффузионное горение парового облака, пожар в помещении. Результатом этих расчетов являются характеристики нагрузок – ударных, тепловых, осколочных, токсических – которые воздействуют на человека и имущество.

Затем, задаются алгоритмы расчета поражения человека и имущества, в соответствии со следующей классификацией механизмов поражения: ударное поражение, тепловое поражение, осколочное поражение, токсическое поражение. Результатом этих расчетов являются последствия действия поражающих факторов аварии для человека (смерть, травмы различной тяжести), для оборудования (возникновения новых инициирующих событий), имущества (полное или частичное разрушение). Также учитывается риск гибели людей от переохлаждения из-за возможности возникновения аварии при экстремально- низких температурных условиях.

Блок схема процесса получения числовых характеристик приведен ниже [3].



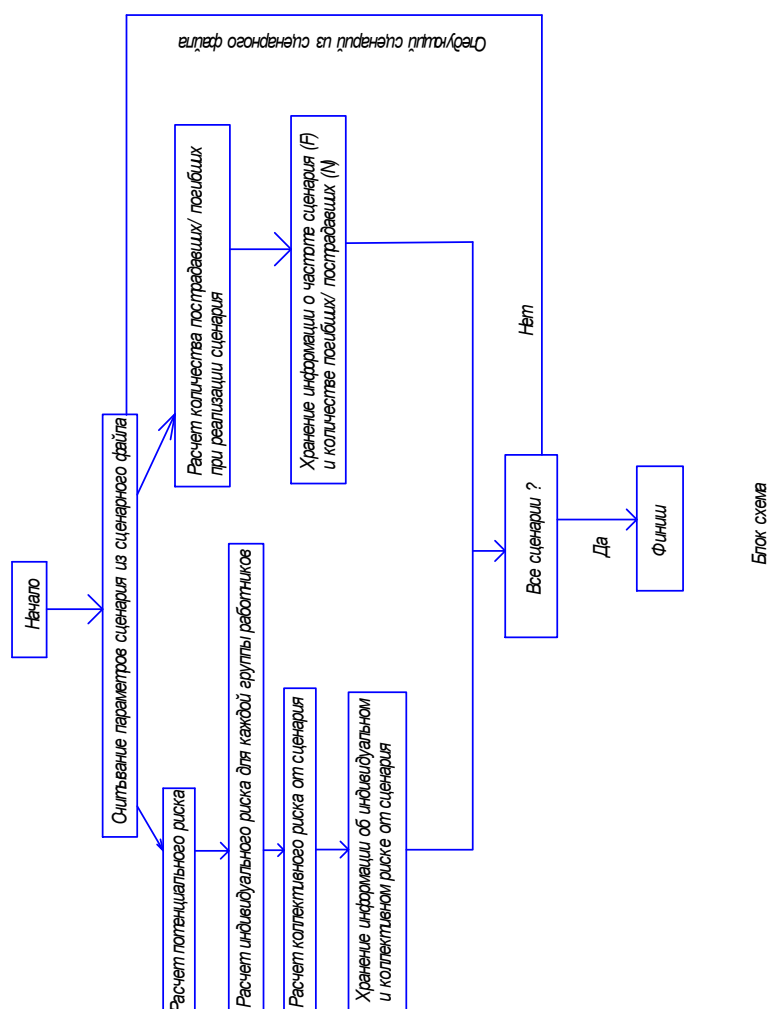
#### 5.4. Обработка сценарного файла

Данный процесс представляет собой получение интегральных числовых характеристик возможных потерь – индивидуального, коллективного и социального рисков, ущерба имуществу, вреда окружающей природной среде и т.п.

Результирующая величина риска зависит от распределения людей в возможных зонах поражения. В основе расчетов распределения персонала по районам опасного производственного объекта лежат: принципы эксплуатации и технического обслуживания, перечень профессий, штатное расписание с учетом смен и вахт оперативного персонала, персонала технического обслуживания и персонала сервисного обеспечения.

Суммирование риска осуществляется посредством наложения зон поражения с учетом частоты реализации каждого сценария на карту местности с привязкой их к соответствующему инициирующему событию и ориентированию зоны поражения в соответствии с направлением и силой ветра.

Блок-схема проведения расчета показателей риска приведена ниже [3].



### 5.5. Анализ полученных результатов

Анализ полученных результатов, включая выявление главных компонентов риска и выделение перспективных предупредительных мероприятий. Анализ результатов предыдущих этапов анализа риска позволяет, путем прямого сравнения, определить основные компоненты суммарных рисков от аварий. Таким образом, могут быть выявлены участки объекта и технологические цепочки с повышенным риском. Эти участки требуют особого внимания.

Результаты анализа риска имеют существенное значение для принятия обоснованных и рациональных решений по чрезвычайному реагированию, а также для определения места размещения производственных объектов. В процессе анализа риска происходит учет разнообразных ситуаций, с которыми может столкнуться управляющий персонал в процессе своей деятельности, особенно при возникновении чрезвычайной обстановки.

### 6. Заключение

В условиях Севера усугубляются последствия аварий сложных технических систем, Высокий диапазон колебаний температуры, и экстремально-низкие температуры создают

повышенный риск отказа оборудования. Вероятность отказа оборудования выше при экстремально-низкотемпературных погодных условиях, что значительно затрудняет как меры по ликвидации и локализации аварии, так и повышает риск гибели людей.

#### Литература

1. Алымов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск-анализ и оценка: Учебное пособие для вузов. М., 2006.
2. Меньшиков В.В., Швыряев А.В. Опасные химические объекты и техногенный риск: Учебное пособие. М., 2006.
3. Ляпин А.А. Разработка методики анализа риска на этапе технико-экономического обоснования строительства объектов нефтегазовой отрасли: Дисс... канд. технич. наук. 2005.

УДК 553.3/9

### ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ГЭС НА РЕКЕ ТИМПТОН

Ноговицын Д.Д., к.г.н., в.н.с., [dnogovicyn@ya.ru](mailto:dnogovicyn@ya.ru),

Шейна З.М., Сергеева Л.П.,

Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск

Проектируемые ГЭС на реке Тимптон расположены в пределах территории Южной Якутии, расположенной южнее 60° северной широты, от бассейна реки Чара на западе до бассейна реки Учур на востоке и от междуречья рек Амга и Алдан на севере до границы Республики с Читинской и Амурской областями на юге [1].

В административном отношении северная часть её территории относится к Алданскому району, южная – к территории, подчиненной г. Нерюнгри. Своеобразие ландшафта этого региона выражается в наличии в центральной части его Алданского пологого нагорья с высотными отметками около 1000 м, на фоне которого возвышаются на 300-500 до 1000 м над ним одиночные гольцы и гольцовые гряды, в большинстве своем сложенные интрузиями мезозойских магматических пород [2].

Уникальность Южной Якутии проявлена, прежде всего, в особенностях геологического строения, характеризующегося выходом на дневную поверхность самых древних на Земле пород фундамента Сибирской платформы, не повсеместно перекрытого маломощным чехлом осадочных пород, а также широко и разнообразно проявленными магматическими и гидротермально-метасоматическими образованиями мезокайнозойской активизации. Своеобразие геологии южно-якутского региона обусловило уникальность его недровых богатств – золото, каменный уголь, флогопит, горный хрусталь, железные руды, апатит, уран, графит, молибден, платина, вермикулит, редкие металлы, драгоценные камни – вот далеко не полный перечень месторождений полезных ископаемых в ЮЯ, часть из которых усиленно эксплуатируются, часть – законсервированы, а многие еще ждут начала их отработки [3].

Хозяйственное освоение территории, происходило по этапам, каждому из которых свойственны свои цели и задачи. Так, если главной народно-хозяйственной задачей Южно-Якутского региона в 1950-х годах считалось создание и развитие горно-металлургической базы, то сегодня приоритетным направлением является формирование и развитие топливно-энергетического комплекса в составе угольной промышленности и электроэнергетики [4].

Важнейшей задачей современного этапа развития экономики района является создание в Южной Якутии развитой системы энергетики. В связи с этим в настоящее время в разработке находится самый большой стратегический проект - строительство Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса. Создание и развитие Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса обусловлено необходимостью дальнейшего развития не только производственной и социальной инфраструктуры Республики Саха (Якутия), но и всего дальневосточного региона. Исходя из этого, основным определяющим фактором данного крупного проекта является его экономическая целесообразность в реализации крупных региональных проектов, включающих такие отрасли как угольная, железорудная, нефтегазовая, золотодобывающая и др.

Так для определения экономического эффекта и дальнейшего совершенствования размещения производительных сил были рассмотрены зоны затопления района будущих ГЭС на наличие полезных ископаемых (рис. 1). (По данным ГУП Сахагеоинформ»). Для этого были оцифрованы топографические карты территории - Нижне-Тимптонской ГЭС в 40 км от устья при НПУ 393м, Иджекской ГЭС в 113 км при НПУ 480м и Канкунской ГЭС в 214 км при НПУ 637м. Выполненная оцифровка карт с проверкой качества слоев данных и проверкой соответствия систем координат слоев, обеспечили корректность наложения с топографической основой карт полезных ископаемых. Подготовленная база данных с использованием соответствующих программ использована для получения окончательной схемы по зонам затопления проектируемых ГЭС.

Далее на карту были нанесены участки проявления полезных ископаемых, попадающие в зону затопления.

1. Россыпное проявление золота «Низовье» 18 уч. р.Тимптон.
2. Россыпное проявление золота «Эселээх».
3. Россыпное месторождение «Дьолтулаах» (гранаты).
4. Россыпное проявление золота «Верховье» (8 уч.) р.Тимптон.
5. Хатыминская группа россыпей (монацит).
6. Нельгоу-Тимптонская песпективная площадь (уран).
7. Тимптонская песпективная площадь (молибден).
8. Анамжак-Мелемкенское рудопроявление (апатит).
9. Алдано-Чульманский угленосный район (перспективная площадь по германию).
10. Локучакисткое месторождение (кам.уголь).
11. Нижнее-Чульманское месторождение.

В зону затопления Нижне-Тимптонской ГЭС – подпадают россыпные проявления золота «Низовье» (18 уч.) р.Тимптон – участок №1, россыпные месторождения «Дьолтулаах» (гранаты) – участок №2.

В зоне затопления Иджекской ГЭС проявление полезных ископаемых не выявлено.

В зону затопления Канкунской ГЭС подпадают россыпное проявление золота «Верховье» (8 уч.) р.Тимптон, Хатыминская группа россыпей (монацит) - участок №3, Тимптонская перспективная площадь месторождения молибдена. 8 участок россыпного проявления золота – участок №5, Локучакисткое месторождение каменного угля, Нижне-Чульманское месторождение ПГС, Алдано-Чульманский угленосный район (перспективная площадь по германию - участок №6.

Так на сегодняшний день отсутствует информация о подсчитанных запасах полезных ископаемых на территории предполагаемой зоны затопления водохранилищами каскада ГЭС

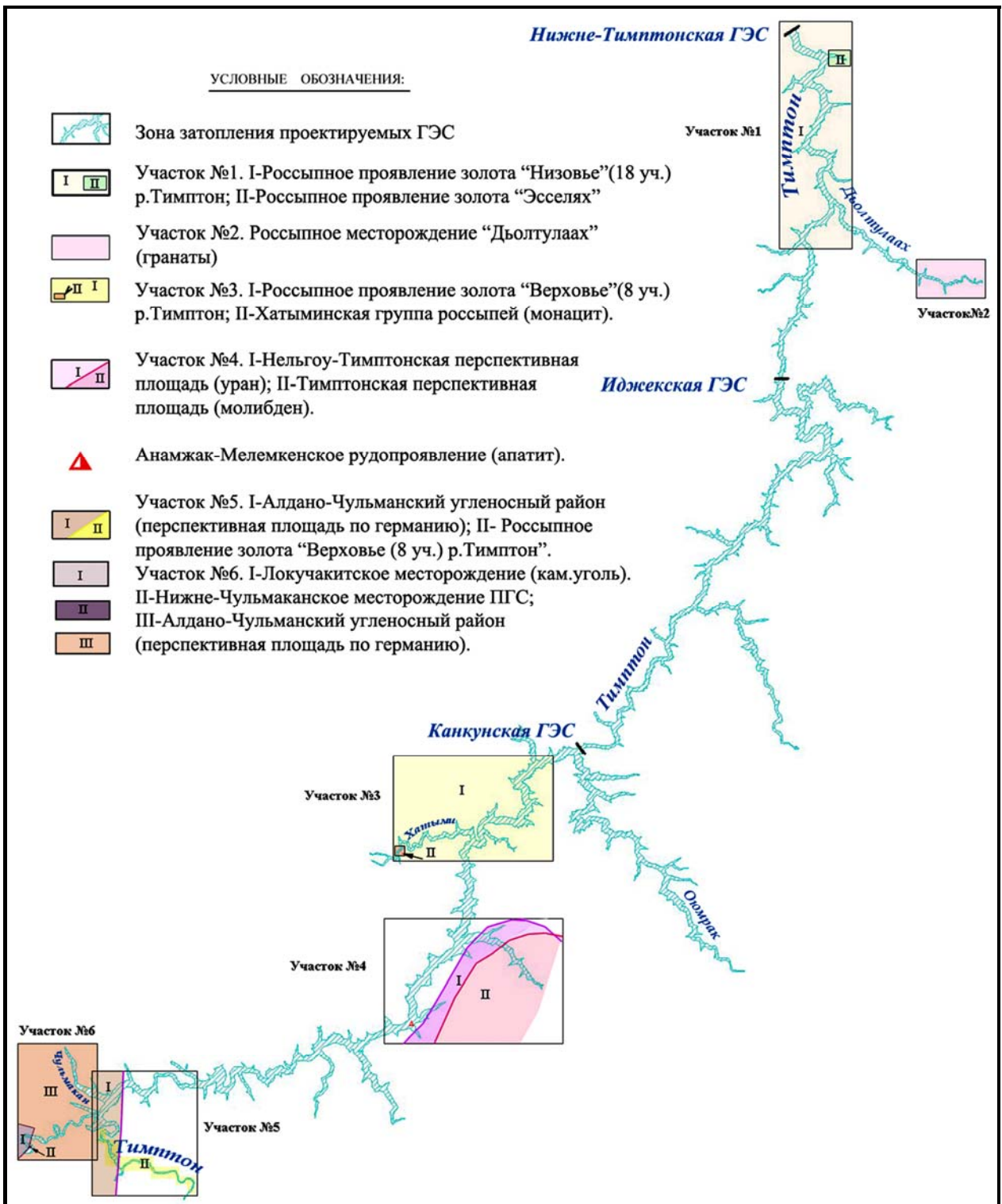


Рис. 1. Обзорная схема месторождений полезных ископаемых в зоне затопления проектируемых ГЭС

на р. Тимптон. Полезные ископаемые на рассматриваемой территории учтены только Сводкой прогнозных ресурсов Республики Саха (Якутия).

Для перевода проявлений полезных ископаемых в разряд месторождений необходимо проведение поисково-оценочных и разведочных работ на указанных перспективных площадях. Только после проведения таких работ появится возможность подсчета запасов полезных ископаемых. От достоверно определенных прогнозных запасов и их перевода в разряд месторождений во многом будет зависеть принятие своевременных и объективных решений и достижение максимального эффекта от реализации данного проекта, а также определит долгосрочную перспективу развития Южно-Якутского ТПК.

#### **Выводы и рекомендации**

1. На территории предполагаемой зоны затопления Нижне-Тимптонской и Канкунской ГЭС имеются прогнозные ресурсы полезных ископаемых.

2. Определение запасов и оценочной стоимости требует детального проведения поисково-оценочных и разведочных работ.

#### **Литература**

1. Климат Якутской АССР (атлас). Л.: Гидрометеиздат, 1968. 32 с.
2. Сивцева А.И., Мостахов С.Е., Дмитриева З.М. География Якутской АССР. Якутск: Як. кн. изд-во, 1984. 164 с.
3. Наумов М.С. Геологическое строение // Южная Якутия. М.: Издательство Московского университета, 1975. 26 с.
4. Егоров Е.Г. Якутия. Размещение производительных сил. Новосибирск: Наука, 2005. С. 314.

УДК 621.039

### **ПРЕДПОСЫЛКИ ДОБЫЧИ УРАНА НА ЮГЕ ЯКУТИИ**

Шадрин А.П., к.т.н., зав. сектором теплоэнергетики, Кузьмин А.Н., н.с.,  
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск,  
[a.p.shadrin@mail.ru](mailto:a.p.shadrin@mail.ru)

В предстоящие 50 лет в России прогнозируется снижение добычи углеводородов в стране: нефти – после 2020 года, газа – после 2030 года. Из возобновляемых источников энергии с органическими сопоставимы лишь ветроэнергетические ресурсы, однако их существенная часть сосредоточена в безлюдных районах и требует передачи энергии к потребителям на значительные расстояния. Предполагается, что доля гидроэнергии в течение 50-летнего периода в России останется на уровне 3% в первичных источниках энергии [1].

Ресурсные и возможно экологические ограничения в перспективе могут создать проблемы в развитии энергетики, экономики и энергетической безопасности России, если не рассматривать атомную энергетику. Ясно одно, по мере роста цен на нефть, природный газ и истощения их запасов роль атомной энергетики в решении энергетических проблем возрастет. Уже в ближайшее время в мире предполагается рост ее мощностей. В результате реализации планов по строительству новых АЭС в различных странах мира возрастет на порядок спрос на урановый концентрат. Потребуется разведка, подготовка и освоение в ближайшее десятилетие



ресурсов урана порядка 15 млн. тонн, увеличение годовой добычи урана к 2030 году до 200 тыс. тонн в год и более [1].

В настоящее время по оценкам специалистов, в недрах нашей планеты имеется более 5 миллионов тонн урана, в том числе 4,26 миллионов тонн стоимостной категории до 80 долларов за килограмм (цена при котором рентабельна добыча). Мировым лидером здесь является Австралия (989 тысяч тонн), за которой следует Казахстан (622 тысячи тонн), Россия (615 тысяч тонн), Канада (441 тысяча тонн), ЮАР (398 тысяч тонн) и Украина (250 тысяч тонн). Для сравнения, урановые запасы США составляют всего лишь 102 тысячи тонн.

Самыми богатыми рудами в мире располагает Канада (10% урана в руде), в то время, как в Австралии эта величина составляет 0,5%, а в России-0,1%.

В 2005 году мировое производство урана составило около 40 тысяч тонн (табл. 1) при годовом потреблении порядка 69 тысяч тонн. Урановый дефицит покрывается складскими запасами и вторичными источниками. По прогнозам МАГАТЭ, к 2020 году годовое производство вырастет до 65-70 тысяч тонн при росте потребления до 82-85 тысяч тонн урана.

Входящая в тройку лидеров по запасам урана, Россия существенно проигрывает большинству государств – уранодобывателей по уровню добычи этого ценного реактора материала. А это, в свою очередь, сказывается на состоянии обеспечения ураном потребностей атомной энергетики, делая его критическим.

На территории России после распада СССР осталось около 20% сырьевых источников урана и уранодобывающих предприятий. Разведанные запасы урана составляют 630 тыс.т., а прогнозные ресурсы - 815 тыс.т. В единственном урановорудном районе России – Стрельцовском в Читинской области общие запасы составляют в 150 тыс.т. В регионах Восточной Сибири разведано 70 тыс. т. [2]. Остальная часть разведанных запасов относится к забалансовым, сосредоточенным в резервных месторождениях, в том числе Эльконском месторождении Южной Якутии.

При освоении балансовых запасов производство урана в России в 2003г. составило 3,15 тыс.т. (табл. 1).

Такой объем производства урана обеспечивает всего 20% потребностей страны. Его потребности только атомной энергетики составляет в 3,5-4,0 тыс. в год. Кроме того, уран используется в атомных лодках, кораблях, ледоколах, ядерных энергетических установках, ядерных взрывах в промышленных целях, ядерных технологиях в промышленности, медицине, в сельском хозяйстве, геологии, археологии, криминалистика и др. Всего годовые потребности России с учетом экспорта составляют 16-17 тыс.т. природного урана (2005г.). Таким образом, обеспеченность составляет 18-20%. Дефицит покрывается за счет импорта (давальнеский уран, поставки «хвостов» для дообогащения и закупки природного урана), складскими запасами, созданными еще во времена СССР. При современном объеме использования урана эти запасы закончатся в 2015-2020г.

Таблица 1

**Производство урана в мире в 2001-2003гг. (в т. урана)**

страна	2001	2002	2003
Австралия	7756	6854	7572
Аргентина	0	0	20
Бразилия	58	270	310

Германия	27	212	150
Индия	230	230	230
Испания	30	37	0
Казахстан	2050	2800	3300
Канада	12520	11604	10457
Китай	655	730	750
Намибия	2239	2333	2036
Нигерия	2920	3075	3143
Пакистан	46	38	45
Португалия	3	2	0
Россия	2500	2900	3150
Румыния	85	90	90
США	1011	919	846
Узбекистан	1962	1860	1770
Украина	750	800	800
Франция	195	20	0
Чехия	456	465	345
Юж. Африка	873	824	758
Всего (тонн урана)	36366 (42886т U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	36063 (42529т U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	35772 (42186т U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )

Источник: The Global Nuclear Market. Supply and Demand 2003-2005. World Nuclear Association.

Сегодня атомные электростанции России обеспечивают 16,4% производства электроэнергии страны. В перспективе до 2020г. выработка электроэнергии на АЭС возрастет вдвое. С учетом перспектив российского мирного атома на международных рынках, к 2020 году потребности страны в уране составят 28-30 тысяч тонн в год. Использование огромного потенциала атомной энергетики может быть ограничено разведанными запасами природного урана.

Решению проблемы обеспечения ураном страны после 2010г. в значительной степени мог бы содействовать вовлечение в эксплуатацию месторождений в Южной Якутии.

Однако, освоение южно-якутских месторождений урана, разведанные еще в 60-х годах очевидно будет сопряжено большими материальными затратами. Так, самое крупное Алданское месторождение пригодно для разработки только горным, шахтным способом, так как руды лежат на глубинах свыше 300м. Разработка месторождения, по прежним оценкам специалистов, имела смысл при цене на уран на мировом рынке более 80 долларов США за килограмм. Следует отметить, что дефицит производства урана относительно его потребления характерен и для мира в целом. Согласно данным всемирного банка, в ближайшее время в мире будет построено 251 новый реактор для АЭС. Каждый реактор требует при запуске 600 тонн уранового концентрата, а затем по 200 тонн ежегодно. Все это предполагает неизбежный рост цен на уран.

Буквально за последние годы цена килограмма урана увеличилась до 300 долларов. По словам академика Е. Велихова мировые цены на уран могут увеличиться еще на порядок.

Необходимо отметить, что теплотворная способность уранового топлива очень высока – 1 см<sup>3</sup> урана по энергопотенциалу эквивалентен около 60 тыс. м<sup>3</sup> природного газа или 110-160т. угля. Благодаря этому его вклад в стоимость выработанной электроэнергии незначителен. Это означает, что даже значительное увеличение цен на урановое топливо слабо влияет на стоимость электроэнергии. Значительный скачок цен на уран, практически не сказываясь на экономичности работающих АЭС, подталкивает к большим долговременным вложениям на добычу урана, со стороны финансового рынка. Другими словами рост цен на природный уран в условиях нехватки его ресурсов следует рассматривать как положительную динамику.

Для рентабельной добычи урановых руд месторождений Южной Якутии несмотря на их высокие затраты имеются все предпосылки.

Эти месторождения – главная урановая перспектива России. Их освоение укрепит минерально-сырьевую базу и энергетическую безопасность страны, а для республики создаст новую бюджетообразующую отрасль промышленности.

#### **Литература**

1. Велихов Е.П., Гагаринский А.Ю., Субботин С.А., Цибульский В.Ф. Россия в мировой энергетике XXI века. М.: Изд-во АТ, 2006. 136 с.
2. Николаев С.Н. Урановые запасы России // Энергия: экономика, техника, экология. №6. 2007.

УДК 662.1:528:681.3.065

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Слепцов О.И., д.т.н., профессор, [administration@iptpn.ysn.ru](mailto:administration@iptpn.ysn.ru),  
Капитонова Т.А., к.ф.-м.н., [kapitonova@iptpn.ysn.ru](mailto:kapitonova@iptpn.ysn.ru),  
Стручкова Г.П., к.т.н., [g.p.struchkova@iptpn.ysn.ru](mailto:g.p.struchkova@iptpn.ysn.ru), Слепцов Р.О.,  
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск

Угольная промышленность занимает в экономике Якутии второе по значимости после алмазодобывающей. По прогнозам аналитиков отрасль имеет исключительно благоприятные предпосылки к сохранению своей авангардной роли в Республике: здесь находится один из крупнейших в мире Ленско-Тунгусский угольный бассейн (объединяющий Тунгусский, Ленский, Южно-Якутский, Зырянский угольные бассейны), в течение двух десятилетий реализуются долгосрочные контракты на поставки нерюнгринских коксующихся углей на японский рынок [1].

Вместе с тем аварии на объектах угольной промышленности, наряду с тяжелыми экономическими и экологическими последствиями очень часто сопровождаются и с социальными потерями, то есть человеческими жертвами. В 2004 г. возникло множество вопросов по реализации тушения подземного пожара на шахте «Сангарская».

Вопросы обеспечения безопасной эксплуатации, разведки месторождения, учета работы техники, объемов выработки, оценка объема аварийных ресурсов для объектов угольной промышленности предполагают последовательное решение ряда сложных задач, связанных с моделированием сценариев возникновения аварийных ситуаций, расчетом ущерба от аварии,

распространения загрязнений по суше и водной поверхности, определением объемов работ. В современных условиях решение подобных комплексных задач для предприятий угольной отрасли должно ориентироваться на внедрение прогрессивных информационных технологий, которые находят все большее признание в ведущих угледобывающих странах: Великобритании, Германии, США. Одной из наиболее перспективных информационных технологий, которая позволит перейти к управлению объектами угледобывающей отрасли как единой технологической системой являются геоинформационные системы (ГИС). Основным преимуществом ГИС в этой области являются мощные возможности пространственного анализа отношений между объектами. Используя эти возможности можно более эффективно решать задачи управления пространственно распределенными объектами, какими являются горнодобывающие предприятия. Геоинформационные системы как средство интеграции разнородных пространственно распределенных данных могут быть эффективно использованы при автоматизации практически всех технологических процессов горнодобывающего предприятия на всех этапах разработки месторождения. ГИС предоставляет мощные средства для: накопления, обработки наглядного представления и анализа исходной геолого-геофизической информации.

Геоинформационная система управления объектами угольной промышленности РС (Я) должна обеспечивать подготовку принятия управленческих решений и решения задач планирования развития природных, промышленно-техногенных, экологических социально-экономических процессов на основе инвентаризации и мониторинга объектов угольной промышленности, обеспечивать поддержку принятия управляющего решения по проектированию объектов, при возникновении и развитии чрезвычайных ситуаций на объектах повышенного риска, также при проведении инженерно-геодезических, инженерно-геологических изысканий с использованием аэрокосмических съемок и современных информационных технологий.

Схематически ГИС можно разбить на подсистемы соответственно выполняемым функциональным требованиям. Поэтому, несмотря на различные принципы представления ГИС в виде подсистем, блоков, модулей и т.п., общий перечень её компонентов и обслуживающих их операций остается практически неизменным. Это обусловлено тем, что основные функции ГИС следуют из четырех основных типов решаемых ими задач: сбора, обработки, моделирования и анализа данных и их использования в процессах принятия решений.

Рассмотренный перечень функциональных задач предполагает в состав разрабатываемого образца включить следующие подсистемы [2]:

- подсистему Базы геоинформационных данных (БГД);
- подсистему объектно-ориентированной Базы знаний (БЗ);
- подсистему инвентаризации объектового состава (ИОС);
- подсистему аэрокосмического дистанционного мониторинга Земли (ДМЗ);
- подсистему моделирования и анализа сценариев ситуаций (МСС);
- подсистему управления рисками опасных воздействий (УРОВ);
- подсистему подготовки управляющих решений (ПУР).

Информационную основу ГИС должна составлять база исходных геолого-геофизических и маркшейдерских данных, полученных в результате разведки и промышленной разработки месторождения и полученная на её основе при помощи расчетных процедур модель месторождения, которая является ядром системы. Источником указанных данных являются

данные по буровым скважинам, геофизическим исследованиям, горным работам [3, 4].

Формирование модулей Базы знаний включает ввод данных об источниках потенциальной опасности и факторах их появления. Анализ физико-географических условий территории Республики Саха (Якутия) позволил выделить в качестве природных риск-факторов опасности, связанные с динамикой поведения геологических структур и динамикой изменения гидрометеорологических условий региона. Это позволяет сосредоточить содержание Базы знаний именно на объектах, подверженных воздействию перечисленных риск-факторов.

Подсистема моделирования и анализа сценариев ситуаций обеспечивает математическое моделирование воздействия природных, социальных, экономических, экологических и техногенных риск-факторов на объекты угольной отрасли и возможные сценарии их развития.

Детальность проработки сценариев определяется наличием исходной информации и условиями определения характера и условий возникновения последствий. При определении возможного набора сценариев учитывается, что одно и то же событие может вызывать различные последствия, которые, в свою очередь, обусловлены разными риск-факторами и их сочетанием.

Обычной практикой является выделение так называемых базовых (как правило, связанных с наиболее серьезными последствиями) сценариев. Обычно это выполняется на основе предшествующего опыта и анализа ситуаций. В дальнейшем в целях полноты анализа рассматриваются различные модели развития сценариев. Конечной целью данного этапа является обеспечение полноты анализа, то есть определение возможных путей наступления опасных последствий и цепочек событий от выявленных опасностей к этим последствиям.

При создании ГИС для угледобывающей отрасли особо следует учесть особенности этой области, а именно [5]:

1) ориентация на работу с пространственными трехмерными моделями объектов угледобывающего предприятия; 2) объектно-ориентированный, а не картографический подход к описанию месторождения полезного ископаемого и техногенных объектов в его пределах; 3) возможность построения типовых изображений, используемых в отрасли: планов и разрезов; 4) терминология и символика, непосредственно связанная с работой специалистов предметной области.

Результатом разработки должно быть создание ГИС системы автоматизированного управления объектами угольной промышленности, обеспечивающей инвентаризацию объектов; мониторинг текущего состояния объектов; проектирование объектов строительства; анализ, оценку и прогнозирование сценариев развития природных, промышленно-технологических, экологических и экономико-социальных процессов.

### Литература

1. Топливо-энергетический баланс Республики Саха (Якутия) / М-во экон. развития Респ. Саха (Якутия), Ин-т физ.-техн. проблем Севера СО РАН: [науч. рук. и отв. исполн. д.т.н. Н.А. Петров]. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2005. Ч. I. 2005. 160с.
2. Аковецкий В.Г., Слепцов О.И., Стручкова Г.П. Кибернетическая система управления природно-техногенной безопасностью на территории Республики Саха (Якутия) // Наука производству. № 8. 2003. С. 44-46.
3. Дубов Е.Д., Мухин П.Е., Коптиков В.П. и др. Информационные технологии – основа стратегии развития безопасной угледобычи // Уголь Украины, 2001. №1.
4. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.

5. Омельченко А.А. Особенности разработки геоинформационных систем для угледобывающей отрасли // Уголь Украины, 2003. №3.

## Секция 2. Обогащение полезных ископаемых и переработка минерального сырья

УДК 553.981.2

### РАСЧЕТ ОБЪЕМА ГАЗА В ГИДРАТАХ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РС (Я)

Калачева Л.П., [lpko@mail.ru](mailto:lpko@mail.ru), Шиц Е.Ю., к.т.н., [l.u.shitz@ipng.ysn.ru](mailto:l.u.shitz@ipng.ysn.ru),  
Федорова А.Ф., к.т.н., [faitalina@mail.ru](mailto:faitalina@mail.ru),  
Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

С момента опубликования первого сообщения о получении твердого кристаллического гидрата хлора прошло уже два столетия. Однако и сегодня проблема газовых гидратов остается актуальной, в связи с тем, что природные газогидраты рассматриваются как альтернативные источники углеводородного сырья. Это продиктовано высокой удельной концентрацией газа в природных гидратах (до  $160 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ) и неглубоким залеганием таких залежей. Природные газогидраты сохраняют свою стабильность либо при низких температурах в условиях вечномерзлых пород на суше, или в режиме сочетания низкой температуры и высокого давления, который присутствует в придонной части осадочной толщи глубоководных районов Мирового океана. Согласно имеющимся оценкам, запасы природного газа, сосредоточенного в газогидратной фазе, весьма значительны. Если запасы природного газа в мире составляют  $1,2 \cdot 10^{14} \text{ м}^3$ , то содержание газа в газовых гидратах составляет от  $2 \cdot 10^{14}$  до  $7,6 \cdot 10^{18} \text{ м}^3$  [1].

Целью данной работы является установление структуры и состава, а также оценка свободного объема газа в гидратах, образованных природным газом некоторых газонефтяных месторождений (ГНМ) РС (Я).

Газовые гидраты синтезированы из дистиллированной воды и природного газа различных ГНМ РС (Я) при давлении 1,2 МПа, температуре 268 К в течении 20 дней в камере высокого давления.

Компонентный состав природного газа исследован методом газо-адсорбционной хроматографии на хроматографе «Кристалл 2000М». Анализ газа на содержание метана, этана, пропана, бутанов, пентанов, диоксида углерода и азота осуществлялся на колонках из нержавеющей стали (длина 2 м, внутренний диаметр 2 мм, наполнители - HayeSepN (80/100 мм) и цеолит СаА (0,25-0,315 мм)), в качестве газа-носителя был использован гелий, расход газа-носителя составлял 15 мл/мин. Количество водорода и гелия определяли на колонке из нержавеющей стали (длина 3 м, внутренний диаметр 3 мм, наполнитель – цеолит СаА (0,25-0,315 мм)), газ-носитель – аргон, расход газа-носителя - 30 мл/мин. Количественный анализ газов проводили методом абсолютной градуировки.

Общий объем газа ( $\text{м}^3$ ) в гидратном состоянии выражается уравнением [2]:

$$V_G = \frac{22,4 \cdot 10^{-3} \cdot V_H \rho_H}{M_H}, \quad (1)$$

где  $V_H$  – объем гидрата, мл;

$\rho_H$  – плотность гидрата, г/мл;

$M_H$  - молекулярная масса гидрата, г/моль.

Плотность газовых гидратов (г/мл) можно найти, зная размеры элементарной ячейки, из следующих эмпирических формул [3]:

$$\text{для структуры I: } \rho_I = \frac{46M_{H_2O} + 2M\theta_{im.n} + 8M\theta_{i.6n}}{a_I^3 N_A} \quad (2),$$

$$\text{для структуры II: } \rho_{II} = \frac{136M_{H_2O} + 16M\theta_{im.n} + 8M\theta_{i.6n}}{a_{II}^3 N_A} \quad (3),$$

где  $M_{H_2O}$  – молекулярная масса воды, г/моль

$M$  – молекулярная масса газа-гидратообразователя, г/моль;

$\theta_{im.n}$  и  $\theta_{i.6n}$  – степени заполнения больших и малых полостей;

$a_I$  и  $a_{II}$  – параметры кубической кристаллической решетки гидрата структуры I и II, нм;

$N_A$  – число Авогадро.

Молекулярную массу газа-гидратообразователя и его гидрата, а также степень заполнения полостей в газовом гидрате можно рассчитать на основании компонентного состава природного газа, на основе которого он синтезирован. В таблице 1 представлены результаты анализа компонентного состава природного газа 7-ми ГНМ РС (Я): 1 – Среднеботуобинское, 2 – Таас-Юряхское, 3 – Ботуобинское, 4 – Маччобинское, 5 – Нелбинское, 6 – Верхневиллючанское, 7 – Иреляхское.

Таблица 1

**Компонентный состав природного газа некоторых месторождений РС (Я)**

№	Состав, мол. %												
	$CH_4$	$C_2H_6$	$C_3H_8$	$i-C_4H_{10}$	$n-C_4H_{10}$	$i-C_5H_{12}$	$n-C_5H_{12}$	$C_6H_{14}$	$C_5+$	$CO_2$	$N_2$	$H_2$	$He$
1	85,9	7,32	2,24	0,26	0,68	0,17	0,24	0,08	0,49	0,05	2,64	0,14	0,28
2	86,1	4,7	1,52	0,18	0,44	0,13	0,25	-	0,38	0,08	6,13	0,04	0,43
3	79,68	5,28	1,84	0,27	0,46	-	-	-	0,29	-	11,7	0,08	0,38
4	84,65	3,36	1,26	0,17	0,32	0,09	0,09	0,06	0,24	-	9,10	0,11	0,79
5	85,79	4,16	1,52	0,16	-	-	-	-	0,42	-	7,16	-	0,33
6	90,35	2,84	0,89	0,08	0,15	0,02	0,03	0,04	0,09	0,02	5,39	0,09	0,10
7	88,86	2,25	0,97	0,12	0,22	-	-	-	0,04	0,04	7,14	-	0,36

Молекулярную массу гидрата (табл. 2) рассчитывали по уравнению:

$$M_H = M + 6 \cdot 18,$$

где  $M = \sum N_i \cdot M_i$

$N_i$  – мольная доля  $i$ -го компонента природного газа;

$M_i$  – молекулярная масса  $i$ -го компонента природного газа.

Таблица 2

**Молекулярные массы газов - гидратообразователей и их гидратов**

№	1	2	3	4	5	6	7
$M$	18,61	17,71	18,86	18,15	18,02	15,92	17,55
$M_H$	126,61	125,71	126,86	126,15	126,02	123,92	125,55



Степень заполнения малых и больших полостей гидрата гидратообразующими компонентами в структурах I и II зависит от парциального давления  $i$ -го компонента в газовой фазе и рассчитывается на основе использования констант Лэнгмюра  $C_i$  ( $\text{Па}^{-1}$ ) [4]:

$$C_i = \frac{A_i}{T} \exp \frac{B_i}{T}, \quad (4)$$

где  $A_i$  и  $B_i$  – постоянные величины, зависящие от свойств молекул-гидратообразователей [4];  $T$  – температура гидратообразования,  $K$ .

В таблице 2 представлены результаты расчета степени заполнения малых  $\theta_{imn}$  и больших  $\theta_{i\bar{o}n}$  полостей гидрата отдельными гидратообразующими компонентами по уравнениям 5 и 6:

$$\theta_{imn} = \frac{C_{imn} P_i}{1 + \sum C_{imn} P_i} \quad (5)$$

$$\theta_{i\bar{o}n} = \frac{C_{i\bar{o}n} P_i}{1 + \sum C_{i\bar{o}n} P_i} \quad (6)$$

Таблица 2

**Степень заполнения полостей в гидратах**

№	Степень заполнения $\theta$			
	Структура I		Структура II	
	$\theta_{imn}$	$\theta_{i\bar{o}n}$	$\theta_{imn}$	$\theta_{i\bar{o}n}$
1	0,9572	0,9947	0,9445	0,9995
2	0,9540	0,9943	0,9403	0,9946
3	0,9570	0,9960	0,9444	0,9986
4	0,9612	0,9947	0,9492	0,9978
5	0,9595	0,9944	0,9470	0,9979
6	0,9725	0,9891	0,9639	0,9987
7	0,9642	0,9951	0,9521	0,9990

Из данных таблицы видно, что в каждом из образованных гидратов заполнены и малые и большие полости. Известно, что степени заполнения полостей могут меняться от нуля до единицы. Гидраты термодинамически стабильны только в том случае, когда хотя бы один из двух типов полостей заполнен на  $\theta \geq 0,95$  [5]. Так как степень заполнения и малой и большой полостей больше 0,95, обе кубические структуры являются устойчивыми при заданных условиях синтеза гидратов.

После расчета степеней заполнения полостей были рассчитаны плотности полученных гидратов по уравнениям 2 и 3.

Таблица 5

**Плотность синтезированных газовых гидратов**

№	Плотность, г/мл	
	Структура I	Структура II
1	1,400	0,899
2	1,388	0,892
3	1,404	0,901
4	1,394	0,896

5	1,392	0,895
6	1,363	0,882
7	1,386	0,892

Из таблицы видно, что плотность синтезированных гидратов природных газов кубической структуры I превышает плотность льда в 1,4 раза, а кубической структуры II меньше плотности льда.

Таблица 6

**Объем природного газа в газовом гидрате в зависимости от его структуры**

№	Объем газа в гидрате природного газа, м <sup>3</sup> /л	
	Структура I	Структура II
1	0,248	0,159
2	0,247	0,159
3	0,247	0,159
4	0,248	0,159
5	0,247	0,159
6	0,252	0,159
7	0,247	0,159

Из таблицы 6 видно, что в одном литре твердого гидрата любого из рассмотренных месторождений может содержаться от 160 до 250 литров природного газа. Полученные расчетным способом значения объемов газа являются точными при условии полного перехода всего объема воды в газогидратную фазу и без учета реальных процессов, происходящих в поровом пространстве породы коллектора.

**Выводы**

1. Установлено, что природные газы, рассмотренных выше месторождений Республики Саха (Якутия), образуют гидраты смешанной структуры КС-I и КС-II.
2. Плотность гидратов кубической структуры I изменяется от 0,882 до 0,901 г/мл, а гидратов кубической структуры II – от 1,363 до 1,404 г/мл.
3. Объем газа, содержащийся в 1 л твердого гидрата, составляет от 160 до 250 л, что и определяет перспективность использования газовых гидратов как дополнительного и значимого источника углеводородного сырья.

**Литература**

1. Соловьев В.А. Российский химический журнал. XLVII. (2003). С. 59.
2. Макогон Ю.Ф. Там же. С. 70.
3. Бык С.Ш., Макогон Ю.Ф., Фомина В.И. Газовые гидраты. М.: Химия, 1980.
4. Гройсман А.Г. Теплофизические свойства газовых гидратов. Новосибирск: Наука, 1985.
5. Истомин В.А., Квон В.Г. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004.

**ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСАДКОВ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ  
ИРЕЛЯХСКОГО ГНМ**Иванова И.К., к.х.н., [iva-izabella@yandex.ru](mailto:iva-izabella@yandex.ru),Шиц Е.Ю., к.т.н., [l.u.shitz@ipng.ysn.ru](mailto:l.u.shitz@ipng.ysn.ru),

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

В настоящее время на территории Якутии в опытно-промышленной эксплуатации находятся нефтяные залежи Талаканского, Среднеботуобинского и Иреляхского месторождений Непско-Ботуобинской антеклизы. Иреляхское газонефтяное месторождение находится на окраине г. Мирного и связано с брахиантиклинальной структурой северо-восточного простирания, расположенной на северном склоне Мирнинского выступа. Следует отметить, что все эти газонефтяные месторождения расположены в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Поэтому для продуктивных горизонтов присущи регионально прослеженные низкие пластовые температуры (10-15<sup>0</sup>С) и аномально низкие пластовые давления. Нефти Иреляхского месторождения являются малосернистыми и имеют преимущественно метановый состав (41-73%), повышенное содержание асфальтенов (до 11%) и смол (до 43%) (Каширцев, 2003). Перечисленные факторы способствуют образованию асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) на поверхности насосно-компрессорных труб (НКТ) и в призабойной зоне пласта (ПЗП). Это осложняется тем, что процесс парафинизации оборудования интенсифицируется высоким содержанием в нефти парафинов и смол в сочетании с шероховатостью поверхности НКТ. В результате происходит образование прочных АСПО, хорошо сцепленных между собой и с поверхностью НКТ. И, наконец, в процессе эксплуатации скважин при снижении давления до давления насыщения и ниже, при подъеме добываемой продукции происходит разгазирование нефти и ее охлаждение, что так же повышает интенсивность процесса парафиноотложения и в результате приводит к уменьшению внутреннего проходного сечения труб вплоть до создания аварийной ситуации - парафиновой пробки.

Негативные последствия образования АСПО обусловили разработку огромного количества способов борьбы с этим явлением: механических, термических, физических, химических и микробиологических (Мазепа, 1966; Бабалян, 1972). Однако, применение тех или иных методов зависит от условий на конкретных месторождениях. Например, применение биотехнологических методов ограничивается высокими пластовыми давлениями, газовыми факторами, повышенным содержанием сероводорода в нефти и температурой выше 40...50<sup>0</sup>С. Магнитная обработка имеет свои требования к обрабатываемой среде, такие как жесткость и минерализация попутной воды, газовый фактор (до 200м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>) и т.д. Электрические методы имеют довольно сложное наземное оборудование для подачи электроэнергии в подземные нагревательные установки. Таким образом, наиболее приемлемым и подходящим способом борьбы с АСПО в условиях аномально низких пластовых давлений и температур может являться использование композиционных растворителей.

Основное назначение обработок призабойной зоны с использованием растворителей – разрушение водонефтяных эмульсий в ПЗП и удаление АСПО. Как известно, большинство углеводородных растворителей (газовый бензин, ароматические углеводороды, нефтяные дистилляты и т.д.) хорошо разрушают водонефтяные эмульсии, а также растворяют АСПО, образующиеся в НКТ, и не выделяют их после охлаждения раствора.

В результате анализа проб АСПО со скважин Иреляхского месторождения установлено, что отложения главным образом относятся к парафиновому типу. Исследованием эффективности разрушения АСПО органическими растворителями установлено, что наиболее эффективно разрушают структуру АСПО низкокипящие алифатические углеводороды (УВ) – гексан и петролейный эфир 40/70. Наиболее трудно-разрушаемые компоненты АСПО – асфальтены и парафины. То, что АСПО Иреляхского месторождения эффективно разрушаются под воздействием фракции низкокипящих парафиновых УВ, во многом связано с их составом, в котором преобладают высокоплавкие парафиновые УВ.

Парафинистый тип отложений и как следствие – их невысокая полярность указывают на то, что основу композиции для разрушения структуры АСПО должны составлять низкокипящие парафиновые УВ (базовые растворители). Для повышения эффективности к базовым растворителям, как правило, добавляют присадки. Присадки усиливают диспергирующую, растворяющую и сольватирующую функцию базовых растворителей. Для растворяющей и сольватирующей способности к базовым растворителям добавляют концентраты ароматических углеводородов. В качестве присадки, обладающей детергентно-диспергирующими свойствами, обычно, используются ПАВ.

Таким образом, на основе изучения химического состава АСПО нефтей Юго-Западной Якутии можно эмпирическим путем осуществить подбор композиционного растворителя для очистки НКТ от парафиноотложений.

#### **Литература**

1. Каширцев В.А. Органическая геохимия нафтидов востока Сибирской платформы. РАН. Сиб. отд-ние. Объед. ин-т физико-техн. проблем Севера. Ин-т проблем нефти и газа / Отв. ред. А.Э. Конторович. Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2003. 160 с.
2. Мазепа Б. Защита нефтепромыслового оборудования от парафиноотложений. М.: Наука, 1966.
3. Бабалян Г. Борьба с отложениями парафина. М.: Недра, 1972.

УДК 662.6/8

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИИ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ**

Леонов А.М., м.н.с.,

Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск, [igds@mail.ru](mailto:igds@mail.ru).

В топливной составляющей производства электроэнергии значительная часть затрат приходится на транспортные расходы, которые достаточно высоки, как для добывающих предприятий, так и для потребителей. На сегодняшний день наиболее дешевым видом транспорта является трубопроводный, у которого себестоимость транспортирования в 4,5-5,5 раз меньше по сравнению с железнодорожным. Кроме того, гидротранспортная система при нормальном режиме эксплуатации обеспечивает равномерную поставку топлива в суточном и годовом исчислениях не зависимо от погодных условий и времени года, а также обеспечивается безопасность процесса транспортирования в связи с отсутствием пересечений грузопотоков топлива, людских и других ресурсов, приводящих к авариям [1].

Транспортирование угля по трубопроводам возможно в виде водоугольных суспензий.

Экологическим преимуществом такого метода транспортирования являются

отсутствие потерь угля при перевозке, исключение запыленности атмосферы и загрязнения почвы, т.е. нет прямого воздействия на окружающую среду. В свою очередь при перевозке железнодорожным транспортом, согласно расчетам [1] потери угля на 1 пог. м пути транспортирования составляют до 1000 кг.

Одним из показателей качества ВУС является ее динамическая вязкость, которая служит критерием возможности гидротранспортирования суспензии. Предельное значение динамической вязкости ВУС для условий гидротранспортирования составляет 1-1,5 Па·с.

В существующих на сегодняшний день способах, снижение динамической вязкости водоугольных суспензий (ВУС) достигается за счет подбора гранулометрического состава и введения различных добавок.

Использование альтернативного способа снижения динамической вязкости, позволит снизить затраты на приготовление ВУС. Это приведет к снижению себестоимости производства 1 кВт произведенной электроэнергии. Наиболее эффективным альтернативным способом снижения вязкости ВУС, по нашему мнению, является воздействие поля постоянного магнита [2] на суспензию в процессе дальнего гидротранспортирования.

Воздействие на суспензию в процессе гидротранспортирования будет осуществляться при помощи магнитотелескопических компенсаторов (МТК), установленных через определенное расстояние по всей длине трубопровода.

В этой работе произведен сравнительный анализ себестоимости способов приготовления и транспортирования водоугольной суспензии при использовании МТК, с себестоимостью на ОПУ "Белово-Новосибирск" при использовании в суспензии добавки полиметиленафталинсульфоната натрия (НФУ).

В результате проведенного сравнительного анализа были получены следующие результаты (таблица).

Таблица

**Сравнение затрат при использовании добавки НФУ (ОПУ "Белово-Новосибирск") и магнитотелескопических компенсаторов**

№	Показатель	Ед. измерения	Величина
1.1	Расход добавки НФУ	кг/т	6,4
1.2	Стоимость расхода добавки НФУ	млн. руб./год	89,86
1.3	Удельная себестоимость добавки НФУ	руб./т	74,9
	Итого по п. 1	млн. руб. руб./т	89,86 74,9
2.1	Капитальные затраты на внедрение МТК	млн. руб.	43,1
2.2	Удельные капитальные затраты	руб./т	35,9
	Итого по п. 2	млн. руб. руб./т	43,1 35,9
3.1	Затраты на углещелочной реагент (УЩР)	млн. руб./год	4,2
3.2	Расход электроэнергии в год	млн. кВт·ч	10,62
3.3	Стоимость электроэнергии	млн. руб./год	26,56
3.4	Выплаты кредита*	млн. руб./год	12,92
3.5	Обслуживание компенсаторов	млн. руб./год	0,852
	Итого по п. 3	млн. руб./год руб./т	44,17 36,81

Примечание: \* – в первые 5 лет работы.

В результате проведенной работы, показана экономическая целесообразность применения магнитотелескопических компенсаторов (МТК), выражающаяся в том, что себестоимость использования МТК по сравнению с себестоимостью применения добавки НФУ на ОПУ "Белово – Новосибирск" в среднем на 58% ниже и составляет 36,81 рублей в первые 5 лет работы по сравнению с 74,9 руб. При стабильной работе предприятия себестоимость применения данных компенсаторов составит 26,04 руб. на тонну сухого угля.

#### Литература

1. Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.И., Нехороший И.Х. Производство и использование водоугольного топлива. М.: Издательство Академии горных наук, 2001. 176 с.: ил.

2. Патент - способ снижения динамической вязкости ВУС. Пат. 2281970 Российская Федерация, МПК C10L 1/32 G01N 11/00. Способ приготовления водоугольной суспензии [Текст] / Леонов А.М., Бычев М.И., Петрова Г.И. ; заявитель и патентообладатель ИГДС им. Н.В. Черского СО РАН. – 2003135122; заявл. 02.12.03; опубл. 20.08.06, Бюл. №23 (I ч.). – 10 с.: ил.

УДК 662.7

### ВЗАИМОСВЯЗЬ БРИКЕТИРУЕМОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Москаленко Т.В., к.т.н., с.н.с.,

Петрова Г.И., д.т.н., в.н.с.,

Леонов А.М., м.н.с.,

Данилов О.С., аспирант,

Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск, [igds@mail.ru](mailto:igds@mail.ru)

Работа выполнена при поддержке РФФИ р\_восток\_a.

Традиционным видом топлива улусов Центральной и Северной Якутии всегда были дрова. Многолетняя вырубка леса привела к тому, что вокруг поселков его ресурсы практически исчерпаны, кроме молодого, и пока малопригодного для топлива. Это приводит к интенсивной оттайке земли и, соответственно, к заболачиванию местности. В случае сохранения такой тенденции, а также возможного потепления климата, процесс может закончиться экологической катастрофой. Поэтому обеспечение топливом здесь является актуальной проблемой.

В то же время на территории от Якутска до Северно-Ледовитого океана имеется Ленский угольный бассейн, разведанные запасы углей которого составляют 4947,9 млн. т, а прогнозные ресурсы оцениваются в 836,5 млрд. т [1]. По большей части угли бурые и относятся к группам 2Б и 3Б. В настоящее время они в основном используются для энергетических целей и как топливо для коммунально-бытовых нужд, но по своим качественным характеристикам имеют большие перспективы использования в качестве базы органического сырья для комплексной технологической переработки в различных направлениях.

Использование добываемых в настоящее время на небольших по производительности разрезах рядовых бурых углей в качестве топлива малоэффективно, поскольку они, теряя достаточно быстро влагу, самоизмельчаются и окисляются. Поэтому, во-первых, большое количество угля теряется в результате просыпей через колосники печей, во-вторых, снижается его теплота сгорания, а, следовательно, и эффективность использования.

Для устранения этих недостатков возможно применение одного из методов облагораживания топлива, заключающегося в брикетировании. Однако угли групп 2Б и 3Б без связующего не брикетируются. Существует много требований, которым должны удовлетворять связующие вещества, но основными из них являются: обеспечение прочностных и энергетических характеристик брикетов, обеспечение экологических требований, и, кроме того, связующее должно быть недефицитным, дешевым и по возможности производиться из местных ресурсов.

Анализ публикаций показывает, что при получении брикетов достаточно велика роль адгезии и когезии, поэтому в настоящее время является актуальной разработка технологии облагораживания бурых углей на основе изучения их адгезионной совместимости с различными компонентами.

Сцепление приведенных в контакт разнородных (адгезия) или однородных (аутогезия) тел обусловлено межмолекулярным взаимодействием. Кроме того, в объеме адгезива (клея, а в данном случае – связующего) так же происходят межмолекулярные взаимодействия (когезия) [2]. В настоящее время определение адгезионных и когезионных свойств различных веществ аппаратно не стандартизировано. Поэтому прочностные характеристики брикетов следует оценивать как функцию адгезии и когезии, которая в свою очередь зависит от различных параметров, характеризующих уголь и связующие. Такими параметрами являются: полярность, поляризуемость, пористость, сорбционные свойства, диэлектрическая постоянная, смачивание и др.

Как известно, угольная поверхность представлена наряду с конденсированными ароматическими кольцами, различными кислородсодержащими функциональными группами, обладающими значительным дипольным моментом. Малометаморфизованные угли в большей степени характеризуются коллоидным строением, а не кристаллическим характером [3], следовательно они содержат больше всего кислородсодержащих функциональных групп. Эти группы обладают значительным дипольным моментом. По мере углефикации растет число ароматических колец, происходит постепенное упорядочение структуры.

Все молекулы любой фазы, расположенные в объеме вещества (но не на поверхности) энергетически взаимно компенсированы. Однако процесс разрушения твердого тела происходит к разрыву связей между молекулами, атомами или ионами, что сопровождается появлением на ее поверхности ненасыщенных связей. Нейтральные молекулы обладают определенным внутренним распределением положительных и отрицательных зарядов. Это распределение может быть приближенно отражено моделью, в которой каждому атому приписывается некий формальный заряд [4]. Молекулы, для которых центры тяжести положительного и отрицательного зарядов не совпадают, называют полярными. Полярность характеризуется дипольным моментом.

Под влиянием внешнего электрического поля происходит поляризация, т.е. смещение электронов по отношению к ядрам и атомных ядер по отношению друг к другу. Электрическое поле, приложенное к неполярному веществу, индуцирует в каждой молекуле небольшой дипольный момент. Электрическое поле, приложенное к полярному веществу, большого влияния не оказывает, а только ориентирует постоянные дипольные моменты. Это происходит потому, что в полярном веществе всегда имеются достаточно сильные диполи, но при отсутствии внешнего поля они направлены случайным образом.

В обоих типах диэлектриков макроскопические эффекты определяются полной поляризацией, приходящейся на единицу объема. Поляризуемость является характерной величиной для каждой молекулы, характеризует ее способность к поляризации и равна

дипольному моменту, индуцированному в молекуле электрическим полем, напряженность которого равна единице.

Исходя из этого, был произведен расчет суммарного дипольного момента для твердых горючих ископаемых следующего ряда: древесина, торф, бурые и каменные угли, антрациты. Расчет дипольных моментов молекул основывался на определенных значениях моментов связей или групп, которые в свою очередь, были вычислены исходя из дипольных моментов соответствующих простых молекул.

Проведенный расчет показал, что в порядке уменьшения значения суммарного дипольного момента, а, следовательно, и уменьшения степени полярности, анализируемые виды твердого топлива действительно располагаются в следующем порядке: древесина – торф – бурые угли – каменные угли – антрациты. Полученная высокая степень корреляции величины суммарного дипольного момента с такими показателями твердого топлива как показатель отражения витринита и содержание углерода, свидетельствует о полноценности этого показателя.

Расчет поляризуемости для ряда древесина – торф – бурые угли – каменные угли – антрацит так же основан на взаимосвязи между структурными параметрами углеводородов и их физико-химическими свойствами. Увеличение значений поляризуемости и индуцированного дипольного момента, полученных в результате проведенных вычислений, в зависимости от общего содержания углерода в ряду древесина – торф – бурые угли – каменные угли – антрациты происходит по причине возрастания доли ароматического углерода.

Для проверки полученных расчетов была проведена серия экспериментов по брикетированию. Условия экспериментов: бурый уголь класса крупности <2,5 мм, влажность смеси 19,1 – 20,3 %, удельное давление брикетирования 50 МПа, температура брикетирования 20 и 90<sup>0</sup>С. В качестве связующих веществ использовались древесные опилки и торф. Результаты испытаний, проводившихся в одинаковых условиях, но с различными концентрациями связующих, показывают следующее (рисунок). При сопоставимой температуре брикетирования и добавке 10 % связующих, прочность брикетов практически одинакова, но при увеличении количества связующего от 10 до 25 % механическая прочность брикетов с добавкой древесины выше, чем с добавкой торфа. Объяснить эту устойчивую закономерность можно более высокой полярностью древесины, поскольку все другие условия были одинаковыми.

Таким образом, изучен характер изменения величины дипольного момента и поляризуемости в ряду древесина – торф – бурый уголь – каменный уголь – антрациты. Экспериментально установлено, что с повышением содержания древесины и торфа в качестве связующих в интервале 10-25 %, механическая прочность брикетов с добавкой древесины выше, чем с добавкой торфа, что можно объяснить более высокой полярностью древесины.



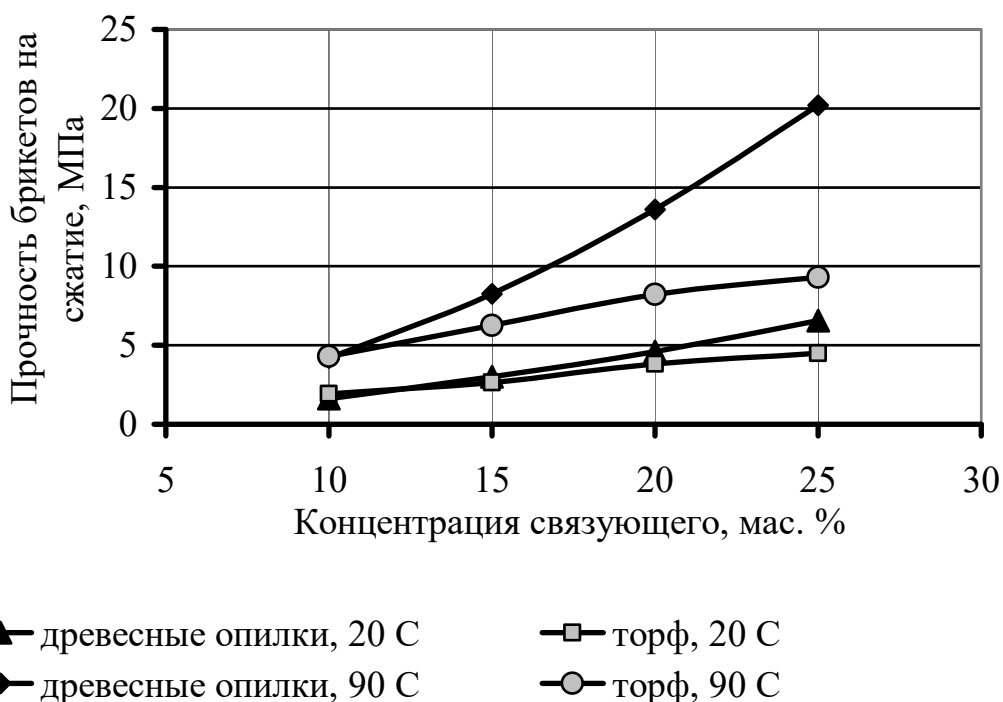


Рис. 1. Зависимость прочности брикетов от количества связующих

#### Литература

1. Угольная база России. Том V. Книга 2. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока России (Республика Саха, Северо-Восток, о. Сахалин, п-ов Камчатка). М.: ЗАО "Геоинформмарк", 1999. 638 с.
2. Елишевич А.Т. Брикетирование полезных ископаемых. М.: Недра, 1989. 300 с.
3. Липович В.Г. и др. Химия и переработка угля. М.: Химия, 1988. 336 с.
4. Пальм В.А. Введение в теоретическую и органическую химию. М.: Высшая школа, 1974. 446 с.

УДК 553.981.2

#### КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Семенов М.Е., [xotoy\\_82@mail.ru](mailto:xotoy_82@mail.ru), Калачева Л.П., [lpko@mail.ru](mailto:lpko@mail.ru),  
Шишкин А.С., Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

Мировой интерес к природным газовым гидратам как к возможным энергетическим ресурсам, способным восполнить дефицит углеводородного сырья в будущем, продиктован, прежде всего, предполагаемыми огромными количествами сосредоточенного в гидратах газа. Известно, что в одном объеме газового гидрата может быть заключено около 160 объемов природного газа, в основном метана.

После завершения исследований по разведке и оценке запасов газовых гидратов вступит в стадию проведения технологических экспериментов, направленных на отработку методик добычи газа из газогидратных залежей. На данном этапе исследований существуют лишь теоретические модели по разложению гидратов в залежах путем снижения давления и закачки в пласт нагретой воды, либо разложение ингибиторами гидратообразования.

Освоение залежей твердых газогидратов имеет свои особенности, которые требуют серьезного изучения. Для выбора оптимальных условий разработки газогидратных залежей, в частности регулирования выброса газа, резкого повышения давления, необходимо изучить кинетические закономерности разложения гидратов природного газа при нагревании и воздействии ингибиторами. Такие экспериментальные данные будут основанием создания высокоэффективных и экологически безопасных технологий перевода газа из твердого состояния в свободное.

Среди основных направлений физико-химических исследований газовых гидратов изучение кинетики их разложения представляется одной из наиболее сложных и малоизученных задач. А между тем вопросы кинетики образования и разложения газовых гидратов имеют весьма важное значение в практике для предупреждения образования гидратов в трубопроводах, разработки эффективных технологий транспорта и хранения энергии в гидратном состоянии, а также для освоения этого вида углеводородного сырья. В связи с этим необходимо располагать экспериментальными данными о кинетике образования и разложения гидратов в свободном объеме, а также на модельных системах максимально приближенных к реальным дисперсным средам. Кинетические закономерности реакций при термическом и химическом воздействии дадут возможность выявить механизмы разложения газовых гидратов и получить макромасштабную информацию о действии различных ингибиторов.

Кинетике образования газовых гидратов посвящено достаточно много работ российских и зарубежных исследователей. Экспериментально и теоретически были изучены процессы образования гидратов как из индивидуальных газов-гидратообразователей, так и из сложных многокомпонентных газовых смесей в зависимости от термобарических условий, скорости перемешивания, концентрации гидратообразователя, скорости образования центров кристаллизации, влияния физических воздействий и т.д. Однако, исследований, посвященных собственно кинетике разложения газовых гидратов, немного. В этих работах определялись равновесные условия разложения гидратов индивидуальных гидратообразователей в зависимости от размера пор модельных сред, изучалась кинетика разложения газогидратных образований в мерзлых породах при отрицательных температурах. Однако нет экспериментально полученных кинетических параметров реакции диссоциации гидратов многокомпонентных систем, в частности порядков реакций и констант скоростей разложения гидратов при различных условиях, на основании которых можно судить о механизме данных реакций.

Целью работы является получение экспериментальных данных о кинетических закономерностях реакции разложения гидратов, синтезированных из многокомпонентной газовой смеси, в свободном объеме. А также изучение условий изменения характера процесса выделения газа из гидрата при воздействии химических добавок.

Объектом исследования является газовый гидрат, синтезированный из дистиллированной воды и природного газа Иреляхского ГНМ РС (Я) при давлении 1,6 МПа и температуре 268 К. В качестве агента ускоряющего разложение гидрата выбран метанол. Метанол обладает наивысшей среди известных ингибиторов антигидратной активностью, сохраняющейся даже при низких температурах; очень низкой температурой замерзания концентрированных растворов и исключительно малой вязкостью даже при температурах ниже минус 50°C; высокой эффективностью для ликвидации гидратных пробок (отложений) и относительно низкой стоимостью.

Для выяснения характера процесса, определяющего реакцию разложения гидрата природного газа при воздействии различных объемов метанола, были определены константы скоростей и порядок реакции  $n$ , зависящей от природы реагирующего вещества. Значения  $n$

могут быть больше или меньше единицы в зависимости от характера процесса. Для диффузионных процессов  $n < 1$ ; для процессов, происходящих в кинетической области,  $n > 1$ . Если  $n = 1$ , протекает реакция первого порядка, когда скорость химической реакции соизмерима со скоростью процесса диффузии.

На рис. 1 представлена кинетическая кривая реакции разложения гидрата природного газа Иреляхского ГНМ при температуре 298 К без добавления метанола.

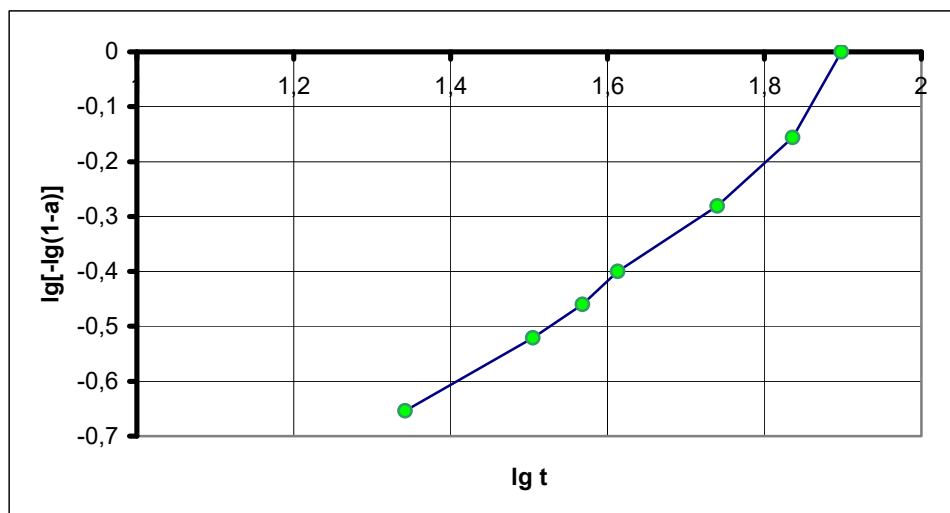


Рис. 1. Кинетическая кривая разложения гидрата природного газа при температуре 298 К без добавления метанола

Процесс разложения гидрата при температуре 298 К характеризуется значением  $n = 1,1334$ , а константа скорости реакции составляет  $0,0072 \text{ мин}^{-1}$ . Следовательно, скорость реакции разложения гидрата определяется скоростью химической реакции.

При воздействии 10 мл метанола на гидрат природного газа (рис. 2) протекает реакция первого порядка ( $n = 1$ ) с константой скорости реакции  $0,032 \text{ мин}^{-1}$ . Следовательно, можно предположить промежуточный характер процесса, т.е. скорость химической реакции соизмерима со скоростью процесса диффузии.

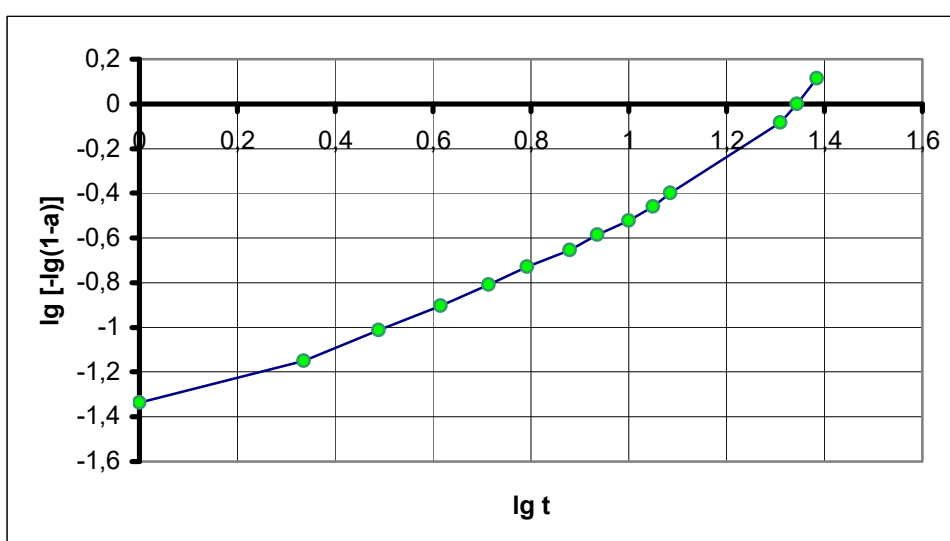


Рис. 2. Кинетическая кривая разложения гидрата природного газа при воздействии 10 мл метанола

Из рис. 3 видно, что разложение газового гидрата при воздействии 50 мл метанола идет в две стадии. Константы скоростей реакции разложения гидрата равны: первой и второй стадий  $0,0011 \text{ мин}^{-1}$  и  $0,022 \text{ мин}^{-1}$ , соответственно. Первая стадия, характеризующаяся значением  $n < 1$ , относится к диффузионным процессам. А вторая стадия ( $n > 1$ ) является стадией химической реакции.

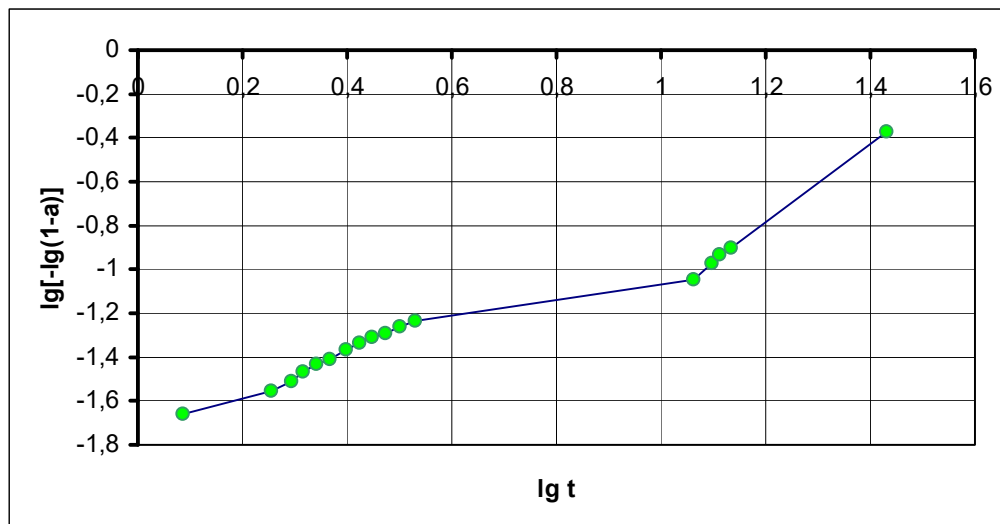


Рис. 3. Кинетическая кривая разложения гидрата природного газа при воздействии 50 мл метанола

### Выводы

По результатам экспериментов рассчитаны константы скоростей реакций и значения постоянной  $n$  процесса разложения газового гидрата.

Установлено, что разложение гидрата природного газа Иреляхского ГНМ РС (Я) в зависимости от условий проведения реакции, имеет различный характер:

1. Разложение гидрата без воздействия метанола при температуре 298 К характеризуется как химическая реакция.
2. При воздействии 10 мл метанола на гидрат протекает реакция первого порядка. Следовательно, имеет место промежуточный характер процесса, когда скорости химической реакции и процесса диффузии соизмеримы.
3. Разложение гидрата при воздействии 50 мл метанола протекает в две стадии: первая стадия относится к диффузионным процессам, а вторая стадия относится к процессам, происходящим в кинетической области.

Таким образом, на основании экспериментальных исследований выявлена возможность изменения характера процесса при воздействии химических добавок, что представляет практическую ценность для разработки технологий выделения газа из синтезированных газовых гидратов.

# ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ ОТХОДОВ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ $TiO_2$ (НА ПРИМЕРЕ ТРУБКИ «МИР»)

Сивцева А.В., Степанова К.В.,  
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск

## Введение

В экономике Республики Саха (Я) добыча алмазов относится к приоритетным отраслям промышленности [1]. Многолетняя деятельность предприятий Якутии по добыче алмазов привела к образованию огромной массы горных отходов в виде отвалов и хвостохранилищ. Одной из первостепенных задач ресурсосбережения является создание и освоение наукоемких технологий полной переработки руд и концентратов, доизвлечения полезных компонентов из текущих отходов производства.

**Целью** настоящей работы было исследование электромагнитной фракции различной крупности отходов Мирнинской фабрики №5 на содержание оксидов титана и др., поскольку именно в слабомагнитной (электромагнитной) фракции концентрируются наиболее ценные соединения, такие как рутил ( $TiO_2$ ), ильменит ( $FeTiO_3$ ) и т.д., являющиеся спутниками алмазов.

## Методика эксперимента

Пробы были промыты, высушены в течение 3 суток и просеяны через сита в соответствии с широко применяемой методикой исследования геолого-минералогического сырья. В работе использовались сита с размером ячейки 2000, 1500, 1000, 500, 200, 100, 71, 56, 40 мкм (вибропросеиватель немецкой фирмы Fritch). Затем каждую партию разделяли на магнитную, электромагнитную и немагнитную фракции (магнитный, электромагнитный сепараторы отечественного производства, г. Челябинск). Электромагнитную фракцию исследовали на рентгеновском спектрометре SRS-3400.

## Результаты и обсуждение

Одним из наиболее простых и широко используемых методов обогащения минерального сырья является магнитная сепарация [2]. Из всех магнитных характеристик вещества для магнитной сепарации минерального сырья наиболее важной является магнитная восприимчивость. Именно этот параметр входит наряду с напряженностью магнитного поля в выражение для магнитной силы притяжения, действующей на частицы руды или зерна минерального сырья в зоне действия магнитного сепаратора. И диамагнетики, и парамагнетики обладают небольшой величиной магнитной восприимчивости, а большие ее значения присущи только ферромагнитным веществам. Ферромагнитными свойствами могут обладать не только чистые вещества (в большинстве своем металлы), но также и их различные соединения, в частности, окислы. Магнитной сепарацией можно разделить минералы, содержащие атомы железа, никеля и кобальта, поскольку магнитные свойства минерального сырья обусловлены в основном наличием этих атомов, но лишь определенной валентности [3]. Так, наличие в минерале  $Fe^{3+}$  (например, мартит, гидрогематит), как правило, ведет к появлению ферромагнитных свойств, а минералы, содержащие  $Fe^{2+}$  (ильменит и др.), парамагнитны.

Существенное изменение магнитной восприимчивости минерала может быть обусловлено также при заполнении кристаллической решетки минерала другими атомами (изоморфизм). Наиболее существенное влияние на разброс измерений, оказывает, безусловно, присутствие в исследуемых порошках примеси других минералов (особенно магнетита) в виде сростков или тончайших включений.

На практике магнитной сепарации зачастую частицы сепарируемого материала представляют агрегаты двух или более минералов. Поэтому не всегда целесообразно при измерении магнитной восприимчивости минерала добиваться абсолютной его чистоты и ограничиться измерениями реально существующих смесей минералов. Полученные оценки магнитной восприимчивости таких «загрязненных» минералов вполне достаточны для подбора оптимальных режимов магнитной сепарации или других методов обогащения.

Следует отметить, что на величину магнитной восприимчивости влияет также и размер зерна минерала [2]. Такое влияние можно объяснить тем, что для ферромагнетиков области спонтанной намагниченности (домены) имеют вполне определенные размеры от 50 до 100 мк. И, следовательно, для магнетита, имеющего размеры зерна, меньшие размеров доменных областей, изменяются обменные магнитные силы, что приведет к изменению магнитной восприимчивости. При уменьшении размеров зерен минералов, а также при наличии сростков с кварцем, магнитная восприимчивость уменьшается.

В таблице 1 представлены распределения частиц исследуемого сырья по крупности. Видно, что отходы Мирнинской фабрики №5 имеют, в основном, размер зерен от 100 до 500 мк (74%). Это связано с тем, что при добыче алмазов кимберлитовая руда подвергается измельчению [4]. Как уже сказано выше, для наиболее эффективного магнитного сепарирования минерального сырья его частицы должны иметь размеры не меньше 50 мк.

Как видно из рис. 1, львиную долю сырья составляют сильно- и слабомагнитные соединения. Наибольший практический интерес вызывает электромагнитная (слабомагнитная) фракция, так как в ней концентрируются наиболее ценные соединения, такие как рутил, ильменит, являющихся сырьем для получения силицидов, боридов, карбидов титана, используемых в технике высоких температур, в ядерных энергетических установках, в изготовлении титановой керамики и др.

Таблица 1

**Процентное содержание фракций по весу от исходного сырья в зависимости от размера зерна**

Класс крупности, мк	Содержание фракций в % по весу от исходного сырья			
	Электромагнитная (слабомагн) фракция	Магнитная (сильномагн) фракция	Немагнитная фракция	Исходное сырье
< 40	-	-	0,1	0,1
40-56	0,4	-	1,5	1,9
56-71	0,6	0,6	0,8	2,0
71-100	1,0	2,1	1,7	4,8
100-200	8,0	10,3	10,5	28,8
200-500	22,2	23,0	0,1	45,3
500-1000	4,2	2,4	8,4	15,1
> 1000	0,9	-	1,2	2,1



Рис. 1. Процентное содержание в исходном сырье фракций различной степени намагниченности

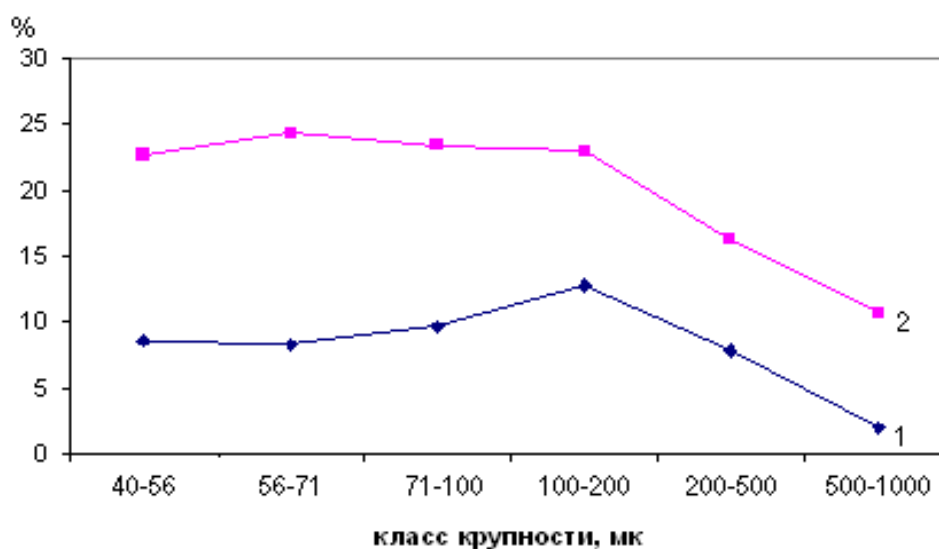


Рис. 2. Зависимость содержания TiO<sub>2</sub> - (1) и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - (2) от класса крупности сырья

Содержание оксида титана (рис. 2) в электромагнитной фракции колеблется от 2 до 13% в зависимости от размера частиц минерального сырья. При этом максимальное содержание оксида титана приходится на фракцию с размером частиц от 100 до 200 мк. Следует заметить, что уменьшение концентрации TiO<sub>2</sub> при увеличении размера частиц руды > 200 мк коррелирует с аналогичным уменьшением концентрации Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в указанном диапазоне размера частиц. Это может быть связано с тем, что в смеси зерен минералов присутствуют сросстки магнетита с ильменитом.

### Выводы

1. Показано, что отходы алмазодобычи Мирнинской фабрики №5 трубки «Мир» состоят, в основном, из сильно-(39%) и слабомагнитных (37%) соединений.
2. Выявлена зависимость содержания TiO<sub>2</sub> от размеров частиц электромагнитной фракции сырья.
3. Отмечены максимумы содержания оксидов титана и железа при классе крупности электромагнитного порошка 100-200 мк.

### Литература

1. Попов В.В., Сафонов Ю.Г. Проблемы развития и эффективного использования минерально-сырьевой базы России. М.: ИГЕМ РАН, 2003. 202 с.
2. Полиградиентные магнитные сепараторы / Под общей ред. Мясникова Н.Ф. М.: Недра, 1973. 160 с.

3. Нагата Т. Магнетизм горных пород. М.: Мир, 1965.  
 4. Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Сошкина Л.Т. Ильменит из кимберлитов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 240 с.

## РАДИАЦИОННОЕ КАЧЕСТВО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ИЗ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ

Степанова К.В., Степанов В.Е., Сивцева А.В.,  
 Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск,  
 Якутский государственный университет, г. Якутск

### Введение

Природная радиоактивность обусловлена присутствием в горных породах естественных радиоактивных элементов[1]. Основная доля  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ - излучения горных пород земной коры связана с радиоактивным распадом элементов третьей группы (урана, актиноурана, тория и их дочерних продуктов) и калия[2]. Весьма важной задачей является проверка радиационного качества минерального сырья на основе отходов добычи алмазов, поскольку попутная утилизация составляющих кимберлитовой руды может стать дополнительным фактором повышения экономической эффективности основного производства.

**Целью** данной работы было определение радиационных характеристик различных представительных проб минерального сырья из отвалов ГОК «Удачный»

### Методика эксперимента

Исследованию были подвергнуты образцы хвостов ГОК "Удачный". Сначала был определен гранулометрический состав материала и удельная активность естественных радионуклидов (ЕРН) в каждой фракции. Затем каждая фракция была опробована на магнитном шлюзе, продукты которого были исследованы на содержание ЕРН. Все пробы анализировались гамма-спектрометрическим методом на лабораторном и полевом гамма-спектрометре фирмы «Канберра» США. Тип детектора коаксиальный с реверсивным электродом. Основные характеристики: диапазон регистрируемых энергий от 3 кэВ до 3 МэВ; активный объем кристалла 125 см<sup>3</sup>; энергетическое разрешение 1,0 кэВ по линии 122 кэВ – <sup>57</sup>Со и 2,0 кэВ по линии 1332 кэВ – <sup>60</sup>Со; относительная эффективность регистрации – 30 %.

### Результаты и обсуждение

Результаты гамма - спектрометрического анализа сведены в таблицу 1.

Таблица 1

**Удельная активность ЕРН в фракциях шлихов магнитного шлюза**

Наименование образца	Фракция, мм	Удельная активность, Бк/кг		
		<sup>40</sup> К	<sup>214</sup> Вi	<sup>228</sup> Ac
Хвосты ГОК исходные	—	167,5±10,7	25,8±1,1	37,4±1,8
Хвосты ГОК	-0,2	168,3±13,0	31,6±1,5	55,8±2,9
Шлихи магнитная фракция	-0,2	85,2±12,3	68,8±3,2	102,1±5,4
Хвосты ГОК	+0,2-0,315	140,7±9,8	29,8±1,2	40,4±1,9
Шлихи магнитная фракция	+0,2-0,315	94,7±9,1	45,8±1,9	41,8±2,4
Шлихи магнитная фракция	+0,315-0,4	104,2±6,2	38,1±1,1	44,7±1,5
Хвосты ГОК	+0,4-1,0	158,6±15,0	26,1±1,7	35,7±2,7



Шлихи на коврике	+0,4-1,0	127,7±17,2	58,1±3,2	71,5±4,8
Шлихи, магнитная фракция	+0,4-1,0	233,9±14,6	53,6±1,9	115,6±4,2
Хвосты магнитного шлюза немагнитная фракция (НФ)	+0,4-1,0	154,3±11,7	22,5±1,2	36,7±2,1
Хвосты ГОК	+1,0 -2,0	190,2±12,1	25,6±1,1	36,7±1,8
Шлихи на коврике, НФ	+1,0-2,0	137,0±14,2	60,5±2,7	110,8±5,3
Шлихи, магнитная фракция	+1,0-2,0	158,8±15,0	25,4±1,7	41,0±2,9
Шлихи, НФ	+1,0-2,0	202,6±16,0	25,6±1,6	40,7±2,7

Распределение ЕРН в различных фракциях образцов показано в диаграмме 1.

Диаграмма 1. Содержание радионуклидов во фракциях

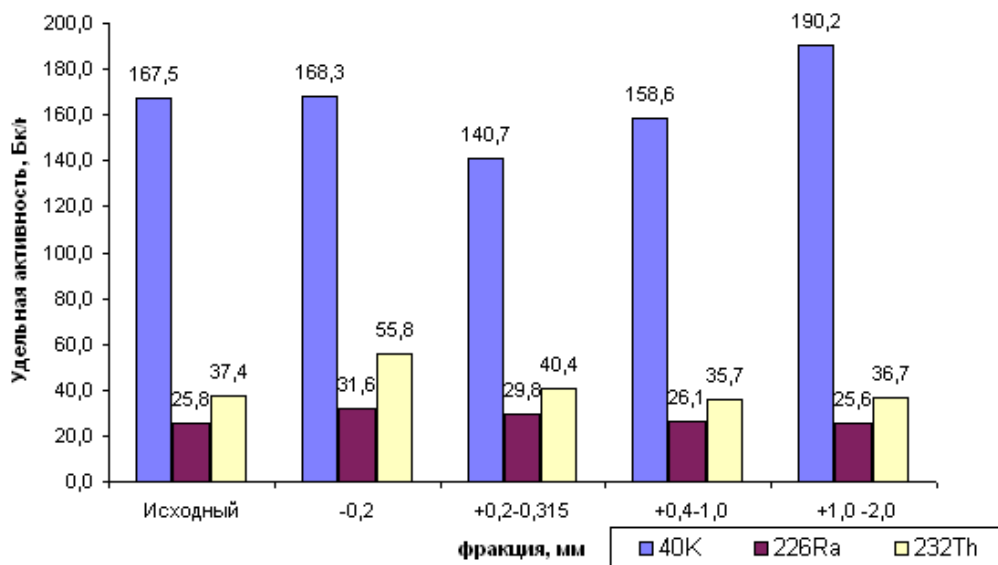


Диаграмма 2. Содержание радионуклидов в продуктах магнитного шлюза фракции +1,0-2,0

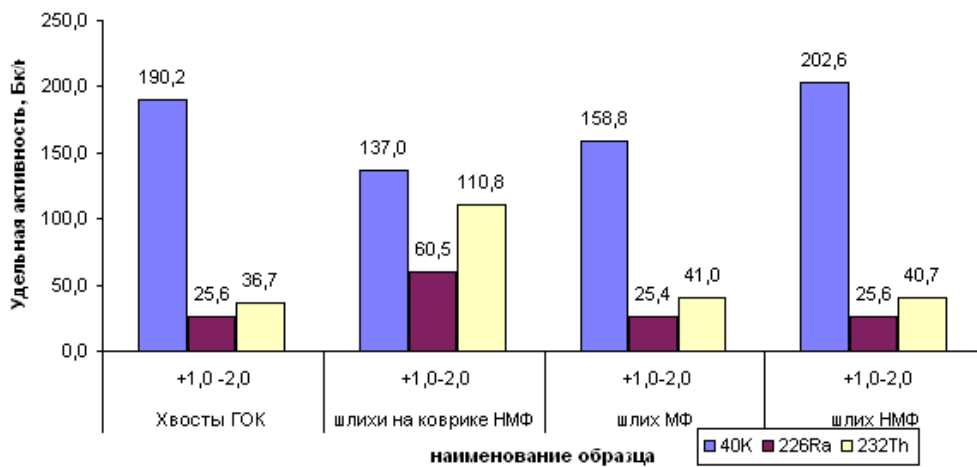
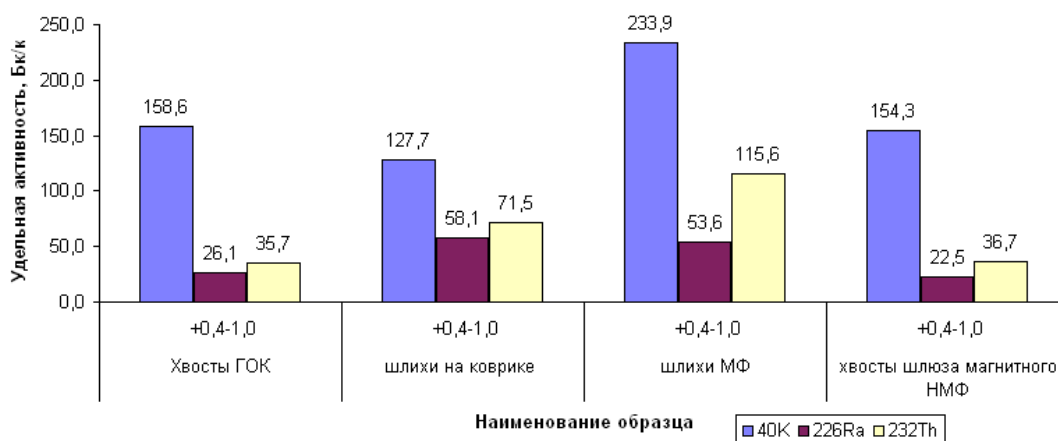


Диаграмма 3. Содержание радионуклидов в продуктах магнитного шлюза фракции +0,4-1,0



Из диаграммы 1 видно, что чем крупнее фракция, тем больше содержание <sup>40</sup>K и чем мельче фракция, тем больше тяжелых радионуклидов <sup>226</sup>Ra и <sup>232</sup>Th, хотя и не очень контрастно. В диаграммах 2 и 3 показано распределение радионуклидов при опробовании на магнитном шлюзе.

Из последних двух диаграмм видно, что на магнитном шлюзе происходит концентрирование тяжелых ЕРН в шлихах на коврике и в магнитной фракции.

В таблице 2 приведены содержания ЕРН в шлихах фабрики № 12. Здесь также происходит концентрирование тяжелых ЕРН <sup>226</sup>Ra и <sup>232</sup>Th при магнитном фракционировании. В таблице 3 даны содержания ЕРН в магнитной фракции фабрики №5. Сравнивая данные из таблиц 1-3 можно заключить, что более активными являются магнитные шлихи трубки "Удачный", менее активны шлихи фабрики №12 и №5.

Таблица 2

**Содержание радионуклидов в магнитной и немагнитной фракции шлихов фабрики № 12**

Вид	Фракция	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th
Шлих МФ	-0,125	97,5±6,0	52,0±1,3	57,7±1,8
Шлих НМФ	-0,125	298,7±17,0	45,2±1,5	76,0±2,8
Шлих МФ	+0,125-0,25	118,2±7,7	45,5±1,4	48,0±1,8
Шлих НМФ	+0,125-0,25	197,6±10,5	22,7±0,8	33,2±1,3

Таблица 3

**Содержание радионуклидов в магнитной фракции шлихов фабрики № 5**

Наименование пробы	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	<sup>228</sup> Ac
Проба №2 765/1000	115,3±7,9	39,6±1,3	32,5±1,5
Проба №2 672/1400	208,1±11,5	27,7±1,0	30,1±1,3

**Выводы**

Таким образом, при обогащении хвостов кимберлитовых трубок на магнитно-гравитационном шлюзе происходит гораздо менее выраженное по сравнению с хвостами золотодобычи обогащение радионуклидами, поэтому не могут возникать проблемы,

связанные с повышением радиоактивности навесок на различных стадиях разделения магнитных шлихов.

### Литература

1. Разведочная ядерная геофизика: Справ. геофизика / Под ред. О.Л. Кузнецова. М.: Недра, 1986. 386 с.

2. Степанов В.Е., Саввин Е.Д., Степанова К.В. и др. Ядерно-физические основы методов анализа, технологий обогащения и утилизации минерального сырья с алмазами, драгоценными металлами, редкоземельными элементами. В монографии «Научное обеспечение развития горнопромышленных комплексов Республики Саха (Якутия)». Новосибирск: Наука, 2003. С. 80-98.

УДК 665.7.032.54/56

### **ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРУ БУРОУГОЛЬНОГО КАРБОНИЗАТА**

Данилов О.С., лаборатория КИУ, Институт горного дела Севера СО РАН,  
г. Нерюнгри, [labkiy@mail.ru](mailto:labkiy@mail.ru)

В настоящее время большую часть твердых горючих ископаемых используют преимущественно как источник тепла, сжигая в различных топках и установках для получения тепловой энергии. Вследствие уменьшения запасов нефти и природного газа все более актуальным становится комплексное использование твердых горючих ископаемых с получением из них как тепловой энергии, так и ценных продуктов переработки [1].

Одним из ценных продуктов переработки бурого угля является полученный из него активный уголь.

Номенклатура основных процессов технологической переработки угля в активный, представлена следующими этапами: дробление, фракционирование, сушка, карбонизация, активация, охлаждение [2]. Среди них, основными являются процессы карбонизации и активации, определяющие как вид, так и качество конечного целевого продукта – активного угля.

Карбонизация – это термическая деструкция исходного материала, с целью создания первичной пористой структуры и прочностных свойств продукта, подлежащего последующей активации. В этом процессе происходит уменьшение органической массы угля за счет выделения первичных жидких и газообразных продуктов пиролиза, а также формирование первичной пористой структуры (открытые и закрытые поры), усадка и трещинообразование. Формируется промежуточный продукт – кокс, либо полукокс.

Активация – термохимический процесс преобразования полученного карбонизата, посредством воздействия на него различных видов активирующих агентов (водяной пар, СО, СО<sub>2</sub>, различных видов кислот и щелочей, хлоридов металлов). В результате процесса происходит полное раскрытие пористой структуры органической массы угля; заканчиваются процессы трещинообразования и формируется законченная структура адсорбента, с определенными показателями, характеризующими структурно-адсорбционные и физико-механические свойства: пористость, удельная поверхность, реакционная способность, прочность. Формируется целевой продукт – активный уголь.

Исходя из вышесказанного, следует, что в технологии получения активного угля очень большую роль играет процесс карбонизации. Он является базисным, поскольку в нем закладывается совокупность показателей, которые через активацию, непосредственно

вливают на качество целевого продукта. Следовательно, рассмотрение этого процесса и ключевых факторов, влияющих на него, является актуальной задачей.

Анализ литературных источников показывает, что одним из наиболее важных параметров является скорость нагрева угольного сырья. Он во многом определяет массовое соотношение и свойства конечных продуктов пиролиза угля, технологические и технические различия в конструкции основных агрегатов, их единичную производительность.

Проведем сравнительный анализ процессов карбонизации высокоскоростной пиролиза в режиме термического удара и низкоскоростного пиролиза.

Сущность высокоскоростного пиролиза буроугольного сырья в режиме термического удара заключается в скачкообразном нагреве угольной матрицы до заданной технологическим режимом величины. Загрузка исходного сырья осуществляется в предварительно нагретую до необходимой температуры печь для осуществления пиролиза.

Сущность низкоскоростного пиролиза может быть выражена в постепенном нагреве угольной матрицы до заданной величины, медленным наращиванием температуры (до 20°С/мин). Загрузка сырья осуществляется в печь, и нагревается по мере его прогрева.

Рассмотрим оба процесса с точки зрения физико-химических превращений. Бурый уголь представляет собой материал одной из ранних стадий метаморфизма. Тогда, исходя из работы [3], утверждающей, что содержание функциональных групп является стадией метаморфизма, бурый уголь наиболее богат ими, по сравнению с углями более высоких стадий метаморфизма. В [1] представлена модель, предложенная Ц. Спиро и П. Дж. Коски, характеризующая строение органических веществ углей трех стадий зрелости: низкой (I), средней (II) и высокой (III) (таблица 1).

Таблица 1

**Модель строения органических веществ углей различной стадии зрелости**

Массовая доля, %	I	II	III
C <sup>daf</sup>	74,8	82,5	96,2
H <sup>daf</sup>	5,7	5,6	2,1
N <sup>daf</sup>	1,7	1,9	0,8
O <sup>daf</sup>	13,8	5,5	0,9
S <sup>daf</sup>	3,9	4,4	0
Кислород в составе, %			
ОН	5,9	2,2	0
СООН	5,9	0	0
Эфирных групп	1,0	1,1	0
Карбонильных групп	1	1,1	0
Гетероциклов	0	1,1	0,9
Влага, %	8,3	0	0

Согласно [4] реакционная способность углей определяется свойствами различных функциональных кислородсодержащих групп и их расположением, в нашем случае (–ОН, –СООН, эфирных, карбонильных и др.), входящих в органическую массу бурого угля. Исходя из таблицы, можно сделать вывод, что бурый уголь является наиболее реакционноспособным в ряду метаморфизма. Некоторые из групп, а именно карбоксильные обуславливают его высокую чувствительность к скорости нагрева по сравнению с углями

более высоких стадий метаморфизма [5]. Благодаря этому, в его частицах наблюдается быстрый рост давления при нагреве [5].

Структура же угольного вещества, при изменении давления преобразуется по-разному при низких (низкоскоростной пиролиз), и высоких (высокоскоростной пиролиз) значениях давления. Здесь наблюдается донорно-акцепторное взаимодействие молекул, и протекают три основных процесса [6]:

- 1) диспропорционирование водорода и образование сопряженных структур, –ОН и –СН<sub>2</sub>-групп;
- 2) гидрирование ненасыщенных связей водородом гидроксила;
- 3) восстановительное алкилирование ненасыщенных структур и перемещение алкильных групп от насыщенных к ненасыщенным связям.

При низких значениях давления преобладает первый процесс, при высоких - добавляются второй и третий [5].

Далее, исходя из [7] следует, что образцы полукоксов, получаемых низкоскоростным методом, подвергаются окислению воздухом, за счет чего изменяется их пористая структура по одному из следующих механизмов:

- 1) за счет газификации стенок существующих пор;
- 2) за счет вскрытия замкнутых пор в объеме полукокса.

Чаще всего изменения структуры происходят по второму механизму, что приводит:

1) к увеличению площади удельной поверхности образца, либо за счет вскрытия замкнутых пор, на которые приходится до 60 % всех пор, при их окислении в технологическом цикле, либо за счет увеличения устьев и частичной коалесценции пор;

2) поры приобретают “конусообразную” форму, при которой радиус устья пор становится много больше радиуса их центральной части. Однако, большая величина удельной площади образца, не дает высоких показателей по адсорбционной активности по йоду.

При высокоскоростном пиролизе в режиме термического удара образцы полукоксов не подвергаются значительному окислению воздухом (они карбонизируются в восстановительной среде), поэтому сохраняют значительное количество замкнутых микропор, которые затем вскрываются в процессе активации. Кроме того, поры имеют “бутылкообразную” форму, т.е. вход в пору со стороны поверхности частицы уже, чем участок поры, расположенный ближе к центру частицы. Следовательно, образцы, полученные при этих режимах нагрева, имеют небольшую удельную поверхность, при значительной пористости. Причем здесь пористость коррелирует со скоростью нагрева. Так в [7] при изменении скорости нагрева на пять порядков, пористость образца увеличилась в 2,8 раза (в основном, за счет роста мезо- и макропор). Объем микропор сравнительно мало зависит от температуры нагрева. Поэтому, исходя из значительной пористости, образцы этих режимов имеют высокие показатели по адсорбционной активности по йоду. Кроме того, благодаря высокой реакционной способности полукокса, полученного в режиме термического удара его активация требует в ~3 раза меньших затрат времени и водяного пара [7].

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что высокоскоростной пиролиз в режиме термического удара при карбонизации бурого угля, является более предпочтительным, по сравнению с процессом низкоскоростного пиролиза.

#### Литература

1. Полукоксование каменных и бурых углей / Школлер М.Б. Инженерная академия России. Кузбасский филиал. Новокузнецк, 2001. 232 с.

2. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.Н. Активные угли России / Под общей редакцией проф. д-ра техн. наук А.В. Тарасова. М.: Металлургия, 2000. 352 с.
3. Zhu Xue-dong, Zhu Zi-bin, Han Chong-Jia, Tang Li-hua. Фундаментальное исследование пиролиза угля. Ч. III. Функциональные группы и продукты пиролиза. Huadong ligong daxue xuebao = J.E. China Univ. Sci and Technol. 2000. 26, №1, С. 24-27.
4. Кухаренко Т.А. О механизме окисления и молекулярном строении бурого и тощего углей // Химия твердого топлива. 1977. №3. С.70-72.
5. Sathé C., Pang Y.Y., Li C.Z. Влияние скорости нагрева и ионообменных катионов на процесс пиролиза бурого угля Виктории. Effects of heating rate and ion-exchangeable cations on the pyrolysis yields from a victorian brown-coal. Energy and Fuels: An American Chemical Society Journal. 1999. 13, №3, С. 748-755.
6. Глянченко В.Д. Изменение угольного вещества при высоких скоростях нагрева и разных способах наложения давления (ВУХИН) // Кокс и химия. 2001. №3. С. 31-36.
7. Яновский Д.В., Щипко М.Л. Активация водяным паром буроугольных полукоксов, полученных разными методами // Химия твердого топлива. 1990. №3. С. 103-106.

### **Секция 3. Инвестиционные аспекты освоения новых месторождений и реорганизация действующих предприятий добывающей отрасли**

УДК 622.235.2

#### **ПЕРСПЕКТИВА ЗАМЕНЫ ШТАТНЫХ ВВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕДВИЖНОЙ СМЕСИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

Дронов В.Н., заместитель генерального директора ОАО ХК «Якутуголь»  
по перспективному развитию и технической политике

Акименко В.В., главный инженер филиала ОАО ХК «Якутуголь»  
Разрез «Нерюнгринский»

Пазынич А.Ю., заместитель главного инженера филиала ОАО ХК «Якутуголь»  
Разрез «Нерюнгринский» по БВР

Согласно техническому проекту строительства разреза «Нерюнгринский», ежегодные объемы вскрышных работ на разрезе, в течение 2007-2010 годов, определены в размере 68 млн. м<sup>3</sup>.

Для реализации проекта ОАО ХК «Якутуголь», структурным подразделением которого является разрез, проведено техническое перевооружение горно-транспортного комплекса. Компанией «Якутуголь» было выбрано направление на использование техники большой единичной мощности. Сегодня успешно эксплуатируются экскаваторы с емкостью ковша 23-40 м<sup>3</sup>, автосамосвалы грузоподъемностью 220 т.

Подготовка горной массы к экскавации осуществляется буровзрывным способом. Разрез обеспечен современными буровыми установками с диаметром бурения взрывных скважин 270-320 мм. Комплекс стационарных пунктов производства ВВ имеет общую производственную мощность 75 тыс. т. ВВ, что полностью покрывает потребности разреза во взрывчатых веществах для взрывания как сухих, так и различной степени обводненности обводненных скважин. На Разрезе производятся следующие виды взрывчатых веществ: гранулит РП-1, гранулит НП, Сибирит 1000,1200, Сибирит 2500РЗ. Ассортимент производимых взрывчатых веществ позволяет качественно взрывать породы любой категории, слагающих вскрышу на Разрезе «Нерюнгринский». В качестве средств инициирования используются неэлектрические системы инициирования СИНВ, PRIMADET.

Для механизации процесса заряжания взрывных скважин используются смесительно-зарядные машины МСЗ-20 и МСЗ-16 и транспортно-зарядные машины МЗ-4А и МЗ-3Б.

В 2006 г. было произведено 47586,354 тонн ВВ собственного производства, весь объем которых был заряжен механизированным способом.

Однако в связи со сложными горно-геологическими условиями Разреза имеются места, где возможна только ручная зарядка взрывных скважин, это:

- заряжание скважин в стесненных условиях (на узких «полках» на косогорах), куда невозможен заезд зарядных машин;
- взрывание надугольных горизонтов, где глубина скважин колеблется от одного до нескольких метров и при механизированном зарядании практически невозможно зарядить расчетный заряд ВВ из-за отсутствия точной системы дозировки на зарядных машинах;
- применение рассредоточенных зарядов, где недопустима перезарядка верхнего заряда, точный вес которого может быть обеспечен только при применении взрывчатых веществ, затаренных в мешки или патроны;
- дробление негабаритных кусков породы.

Заряжание на таких участках производится тарными взрывчатыми веществами заводского производства, которые еще составляют до 5-7 % от всего объема применяемых взрывчатых веществ.

Наибольшее применение имеют тротилсодержащие промышленные взрывчатые вещества, такие как аммонит БЖВ, граммонит 79/21.

Технологическими цепочками обоих стационарных пунктов не предусмотрено производство патронированных ВВ и затаривание гранулированных ВВ в мешкотару.

Использование штатных взрывчатых веществ оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье персонала ввиду особой вредности тротилсодержащей пыли.

Менеджментом ОАО ХК «Якутуголь» было предложено разработать специалистам Разреза локальный проект по замене штатных ВВ на ВВ собственного производства, затаренных в мешкотару (или патроны).

С целью снижения затрат на БВР, повышения уровня безопасности при транспортировании ВМ с заводов-изготовителей, улучшения условий труда взрывперсонала было рассмотрено несколько вариантов затаривания ВВ собственного производства.

1-ый вариант по созданию затаривающего производства на действующей технологической установке пункта производства гранулированных ВВ, в составе проекта которого была предусмотрена установка по затариванию производимого ВВ в мешки. Однако с выходом новых нормативных документов данная установка оказалась не соответствующей предъявляемым требованиям промышленной безопасности и данный вариант не дошел до стадии технико-экономического обоснования.

2-ой вариант был рассмотрен после получения коммерческого предложения от НТФ «Взрывтехнология», которая разработала и получила разрешение Ростехнадзора на применение (проведение предварительных испытаний) передвижной смесительной установки (ПСУ) по изготовлению промышленных взрывчатых веществ.

Рассматриваемый проект является проектом, осуществляемым на действующем производстве и направленным на снижение затрат.

ПСУ представляет собой установку, скомпонованную из двух сборочных технологических модулей, один из которых – смесительный предназначен для размещения в нем оборудования смешения компонентов, второй – приемный – для приемки, дозирования и затаривания готового ВВ.



### Общий вид ПСУ



### Технические характеристики ПСУ

<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Производительность установки, кг/час	1000
База передвижной смесительной установки	Два универсальных контейнера 1СС
Габаритные размеры в рабочем положении, мм, не более:	
	длина
	6050
	ширина
	2438
	высота
	5180
Объем загрузочного бункера, дм <sup>3</sup>	250
Объем накопительного бункера, дм <sup>3</sup>	180
Электродвигатель:	
	тип
	АИМ-М80В4
	исполнение
	взрывозащищенное
	мощность, кВт
	1,5
	частота вращения, об/мин
	1395
Полная масса установки, кг, не более	5200

ПСУ располагается на территории комплекса сооружений базисного склада ВМ и стационарных пунктов производства промышленных взрывчатых веществ на безопасном расстоянии, рассчитанном по условиям передачи детонации. Такое расположение позволяет упростить транспортную схему движения аммиачной селитры по территории СПП ВВ и готового продукта на базисный склад ВМ. Модульная конструкция ПСУ обеспечивает ее мобильность и низкие эксплуатационные затраты.

Для осуществления проекта (приобретение передвижной смесительной установки) необходимы финансовые средства в размере 4,5 млн. руб. Источник финансирования – собственные средства ОАО ХК «Якутуголь».

Наименование	Сумма, тыс.руб.
Стоимость оборудования (установка ПСУ)	3813,56
Доставка оборудования	205,1
Монтаж	381
Итого без НДС	4399,66
Итого с НДС	5191,6

Для определения изменений в деятельности предприятия, которые повлечет за собой ввод в эксплуатацию ПСУ рассмотрены 2 варианта (расчеты затрат произведены в действующих ценах 2006 года).

**Первый вариант** – производство ВВ на ПСУ для собственных нужд. Планируется произвести замену 1000 т граммонита 79/21, используемого для заряжания труднодоступных мест, где ограничено использование механизированной зарядки, и 50 т аммонита 6ЖВ, используемого для дробления негабаритов и заряжания обводненного угля.

В период 2003-2006 гг. отмечено снижение выхода негабаритных кусков, однако полностью исключить их появление не представляется возможным из-за геологической неоднородности массива вскрышных пород.

Для расчета экономической эффективности внедрения ПСУ приняты следующие исходные данные:

- производительность ПСУ – 166 т в месяц или 2000 т в год при односменном 8- часовом режиме работы, максимальная производительность может достигать 3000 т в год;
- потребляемая мощность не более 15 кВт/час;
- обслуживающий персонал – грузчик (3 человека), аппаратчик смешивания (1 человек);

Режим работы ПСУ (односменный восьмичасовой) выбран исходя из режима работы базисного склада ВМ, на котором будет храниться производимое ВВ.

Увеличение численности грузчиков на участке по производству ВВ за счет персонала, обслуживающего ПСУ, обусловлено увеличением количества погрузочно-разгрузочных операций как с аммиачной селитрой, так и с готовой продукцией. Существующая же схема включает в себя только операции с ВВ.

**Существующая схема:**

Изготовитель ВВ	Базисный склад ВМ	Заряжаемые блока
--------------------	----------------------	---------------------

**Планируемая схема при использовании ПСУ:**

Изготовитель ПАС	Площадки для хранения АС СПП ВВ	ПСУ	Базисный склад ВМ	Заряжаемые блока
---------------------	---------------------------------------	-----	----------------------	---------------------

**Второй вариант** – производство ВВ на ПСУ для собственных нужд и для реализации сторонним потребителям. Учитывая то, что максимальная производительность установки при существующем режиме работы составит 2000 т в год, возможна реализация 950 т гранулата РП-1 сторонним потребителям.

Потенциальным потребителем выпускаемого продукта может стать филиал ООО «Дальгидроспецстрой», ведущий взрывные работы на СП Эрэл, ОАО «Малые разрезы» и ряд старательских артелей, добывающих золото в Южной Якутии. При этом уменьшится потенциальный риск при транспортировании штатных ВВ ж/д. транспортом. Прогнозная потребность на 2007 год составляет 1900 т. ВВ.

Себестоимость производства гранулата РП-1 при производительности 2000 тонн в год составит 7500 руб. С учетом планируемой рентабельности производства (около 15%) и НДС отпускная цена продукции может составить 10203 руб./т.

Выручка от реализации ВВ может составить 9700 тыс. руб.

С учетом использования производимых ВВ на собственные нужды прибыль может составить 17650 тыс. руб.

**Выводы:**

1. Приобретение передвижной смесительной установки позволит снизить затраты на производство взрывных работ за счет полного отказа от граммонита 79/21 и частичного отказа от аммонита 6 ЖВ;

2. При наличии потребителей производимой продукции среди горнодобывающих компаний Южной Якутии возможно получение дополнительной прибыли от ее реализации. Вложенные средства окупятся в течение первого года эксплуатации установки.

Реализация подобного проекта является актуальной для горнодобывающих предприятий.

УДК 622.232

**ИННОВАЦИОННАЯ РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫЙ КОЛЕСНЫЙ СКРЕПЕР**

Егоров И.К., к.т.н., доцент,  
Якутский государственный университет, г. Якутск

В настоящее время прогрессивные, богатые горные предприятия, добывающие алмазы и золото не заслуженно отказываются и принижают роль переносного оборудования, таких как, ручные перфораторы и скреперные установки.

Применяемое в данное время дорогостоящее, опасное, трудно обслуживаемое самоходное, импортное оборудование хотя и повысило показатели очистных, проходческих и горноразведочных работ, степень механизации горных работ и прочие скоростные показатели, но с другой стороны ухудшило технику безопасности, экологическую чистоту

горного производства, усложнило проветривание забоев, оснащенных дизельными самоходными машинами. Повысилась пожароопасность и взрывоопасность забоев, кроме того, отходы ГСМ загрязняют подземные выработки, дневную поверхность. За счет проведения специальных выработок и выработок большого сечения, спиральных съездов, гаражей, мастерских, заправочных усложнилась технология ведения горных работ, а значит и стоимость разведываемого или добываемого сырья. В десятки раз повысилась себестоимость подземных и разведочных работ.

Такие расходы могут нести богатые предприятия: АК «Алроса», ОАО «Нижнее-Ленское», ОАО «Алмазы Анабара», ЗАО «Полус» и др.

Например, комбайны, внедренные на руднике «Интернациональный», работающие в комплексе с самоходным дизельным оборудованием теряют свою экономическую эффективность, а это ставит под сомнение саму идею внедрения комбайнов. Хотя идея внедрения комбайнов не нова, она перекочевала в АК «Алроса» с угольных или россыпных шахт «Кулара», где ранее комбайны эффективно применялись в комплексе со скреперными установками.

Новые комбайновые технологии ведения очистных и проходческих работ австрийскими комбайнами АМ -75, АМ-85, АМ-105, представляют громадный шаг в технологии разработки кимберлитовых месторождений и заслуживают высокой оценки [1].

Естественно, инженерная мысль требовала испытать комбайны с самоходными вагонами ШСВ, погрузочно-доставочными машинами и скреперными установками с емкостью ковша 4 м<sup>3</sup>.

Первоначально технология ведения подземных горных работ комбайнами в комплексе с ШСВ (шахтный самоходный вагон) типа ВС-15 казалась идеальной, но проверочный расчет [2], приведенный ниже и эксплуатационные испытания вагона показали его низкую надежность.

Шахтный самоходный вагон хорошо вписывался в принятый цикл проходки, где  $V_{\text{цикл}}$  - объем породы, вынимаемый комбайном составит:

$$V_{\text{цикл}} = B \cdot H \cdot d = 4,5 \cdot 5 \cdot 0,3 = 6,75 \text{ м}^3, \text{ что меньше емкости вагона } V_{\text{шсв}} = 9 \text{ м}^3,$$

где  $B = 4,5$  м, ширина очистной выработки,

$H = 5$  м, высота очистной выработки,

$d = 0,3$  м, толщина отбиваемого слоя за 1 цикл.

В этом случае при отсутствии самоходного вагона, согласно планограммы работ машинисты комбайна проводят осмотр комбайна, производят замену быстросъемных деталей и резцов. При длительном отсутствии вагона (внеплановый простой из-за отказа) машинисты приступают к установке анкерной крепи, активировке или заготовительным работам для последующей заливке очистной выработки гидравлической закладкой.

В алмазодобывающей промышленности самоходные вагоны нашли бы основное применение не только при разработке мощных вертикальных рудных тел, где высота очистных выработок достигает 5 м, но и при разработке горизонтальных россыпных месторождений мощностью до 4 м., средней длине откатки 100 – 150 м, максимальной длине 200 – 300 м. [3]. Вагоны разгружаются в рудоспуски, из которых руда через люки направляется на локомотивную откатку, а затем скиповым подъемом она выдается на дневную поверхность.

1. Время погрузки ( $T_{\text{п}}$ ) самоходного вагона зависит от технической производительности комбайна ( $Q_{\text{т}}$ ) и крепости пород ( $f$ ):

$$Q_{1\text{т}} = 10 \text{ м}^2 \text{ в мин.}$$

$$\text{при } f_1 = 2$$

$$Q_{2\text{т}} = 1,0 \text{ м}^3 \text{ в мин}$$

$$\text{при } f_2 = 6$$

$$Q_{3\text{т}} = 0,25 \text{ м}^3 \text{ в мин}$$

$$\text{при } f_3 = 10.$$

$T_{п1} = (60 \cdot V_{шсв} \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_m) / Q_{1г} = (60 \cdot 9,0 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 1,25) / 10 = 70$  с.  
 $T_{п2} = (60 \cdot V_{шсв} \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_m) / Q_{2г} = (60 \cdot 9,0 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 1,25) / 1,0 = 700$  с.  
 $T_{п3} = (60 \cdot V_{шсв} \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_m) / Q_{3г} = (60 \cdot 9,0 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 1,25) / 0,25 = 2821,5$  с.,  
 где  $K_n = 0,95$  – коэффициент наполнения кузова,  
 $K_p = 1,1$  – коэффициент учета ремонтов и техобслуживания,  
 $K_m = 1,25$  – коэффициент маневров во время погрузки.

2. Время движения ШСВ остается постоянным, например при  $L_{\max} = 0,2$  км.  
 $T_{дв} = 3600 \cdot L_{\max} (1/V_{гр} + 1/V_{пор}) \cdot K_{дв} = 3600 \cdot 0,2 (1/8,5 + 1/10) \cdot 1,35 = 210$  с.,  
 где  $V_{гр} = 8,5$  км/ч и  $V_{пор} = 10$  км/ч – скорости груженого и порожнего вагона,  
 $K_{дв} = 1,35$  – коэффициент, учитывающий разгон, замедление, снижение скорости самоходного вагона.

3. Время оборота ШСВ будет, изменяться в зависимости от времени погрузки комбайном, т.е. в зависимости от технической производительности комбайна и от крепости кимберлитовых руд;

$T_{1об} = T_{дв} + T_{п1} + T_p = 70 + 210 + 25 = 300$  с. или 5 мин.  
 $T_{2об} = T_{дв} + T_{п2} + T_p = 700 + 210 + 25 = 840$  с. или 14 мин.  
 $T_{3об} = T_{дв} + T_{п3} + T_p = 2821,5 + 210 + 25 = 3056,5$  с. или 50,9 мин.

4. Определяем (N) число самоходных вагонов на один комбайн;  
 $N_{1вагонов} = T_{1об} / T_{п1} = 360/70 = 5,0$  вагонов  
 $N_{2вагонов} = T_{2об} / T_{п2} = 1000/700 = 1,5$  вагонов  $\approx 2$  вагона  
 $N_{3вагонов} = T_{3об} / T_{п3} = 3056/2821,5 = 1,0$  вагон.

5. Возможная производительность добычного комплекса ( $Q_p$ ) состоящего из одного комбайна типа АМ – 105 и двух самоходных вагонов 5ВС - 15;  
 $Q_p = N_{в} \cdot (3600 \cdot V_{шсв} \cdot K_{нв} \cdot T_{см}) / T_{об} = 2 (3600 \cdot 9 \cdot 0,95 \cdot 6) / 840 = 439,71$  м<sup>3</sup> / см

6. На практике данная производительность не была достигнута из-за низкой надежности и не эффективной эксплуатации ШСВ, который из-за не благоприятных условий оказался не работоспособным. Основные узлы вагона: рама, скребковый конвейер, ходовая часть, кузов преждевременно выходят из строя из-за коэффициента перегрузки, т.к. вагон был предназначен для транспортировки угля и легких пород. Электрооборудование выходит из строя из-за окисления сероводородом, и другими вредными веществами, негативно влияющими на все узлы ШСВ.

В угольной промышленности скребковые конвейеры и перегружатели рекомендуются применять только для транспортирования угля и легких пород, например, каменной соли. А для тяжелых кимберлитовых пород нужно определить  $K_{пер}$  – коэффициент перегрузки вагона:

$K_{пер} = G_{ким} / G_{доп} = 2,44/1,4 = 1,7$   
 где  $G_{ким} = 2,44$  т/м<sup>3</sup> – насыпная масса кимберлитовой руды,  
 $G_{доп} = 1,4$  т/м<sup>3</sup> – допустимая для вагона с донным конвейером масса руды.

Самоходные вагоны на подземных горных работах себя не оправдали. Поэтому руководство ЗАО «Алроса» решило от них отказаться и перейти на погрузочно-доставочные машины. В настоящее время на руднике «Интернациональный» погрузка и доставка руды от комбайнов (АМ-75; АМ-85; АМ-105) до рудоспусков осуществляется погрузочно-доставочными машинами типа “ EST-6”(Швеция), “ TORO-500E”(Финляндия), “ TORO-400E”(Финляндия). Из этого следует, что производительность и эффективность комбайнов зависит не только от крепости пород, но и производительности погрузо-доставочных машин.

Чтобы обеспечить непрерывность процесса добычи руды, необходимо держать под погрузкой у комбайна, как минимум две погрузо-доставочные машины, а по мере увеличения длины доставки три ПДМ. Очевидно, что с увеличением числа погрузо-доставочных машин

на обслуживание одного комбайна возрастает опасность ведения подземных горных работ. Кроме того, если это дизельная ПДМ, возрастает и загазованность горных выработок (особенно тупиковых), также увеличиваются экономические затраты, так как только одна импортная погрузо-доставочная машина стоит около 1,5 млн. \$, включая затраты на ее содержание, ремонт, техническое обслуживание, и расходы на горючесмазочные материалы.

Для того чтобы обеспечить непрерывность работы комбайна и в тоже время сохранить минимальное число погрузо-доставочных машин, была предложена бункерная и контейнерная доставка [3] рудной массы от комбайнов к рудоспускам, позволяющей иметь только одну ПДМ.

В условиях многолетнемерзлых россыпей показали высокую надежность, работоспособность, не восприятие сурового климата, вредных веществ и экономичность скреперные установки типа 55 ЛС-2С, 75 ЛС-2С, 100 ЛС-2С при работе с ковшами емкостью 1,5...4,0 м<sup>3</sup>. Их недостаток – волочение груза по почве выработки. Подземные колесные скреперы не имеют этот недостаток.

Коэффициент трения породы об почву выработки равняется 0,6 – 0,7, коэффициент сцепления колес – 0,2 – 0,3. Технический проект на изготовление подземного колесного скрепера показывает возможность увеличения длины транспортирования скреперными установками до  $0,6/0,2=3$ , т.е. увеличение длины доставки на 300 м., что достигается применением более тонких канатов.

Экономический эффект можно достичь освободившись от опасных и дорогостоящих машин за счет конструирования, проектирования и внедрения подземного колесного скрепера (ПКС). (Рис.1).

Предполагаемый нами подземный колесный скрепер является транспортным устройством, циклического действия. Он предназначен для транспортирования руды (породы) различной крупности – 100-120 мм, отбиваемой комбайном, в этих кусках руды сохраняются кристаллы алмазов.

Он имеет небольшой объем кузова 4 м<sup>3</sup>, не имеет перегружающего устройства, и является саморазгружающимся с канатной тягой, имеет привод скреперной установки. Поэтому имеет достоинства скреперной установки и машины:

- простота устройства;
- надежность работы;
- легкость перемещения с одного места на другое, т.е. простота монтажа и демонтажа;
- незначительные расходы на ремонт;
- невысокая стоимость оборудования.

Основные недостатки:

- значительный износ каната;
- снижение производительности с увеличением длины доставки.

Эффективность скреперной доставки зависит от мощности лебедки, длины доставки и от организации работ, метода разгрузки скреперного ковша.

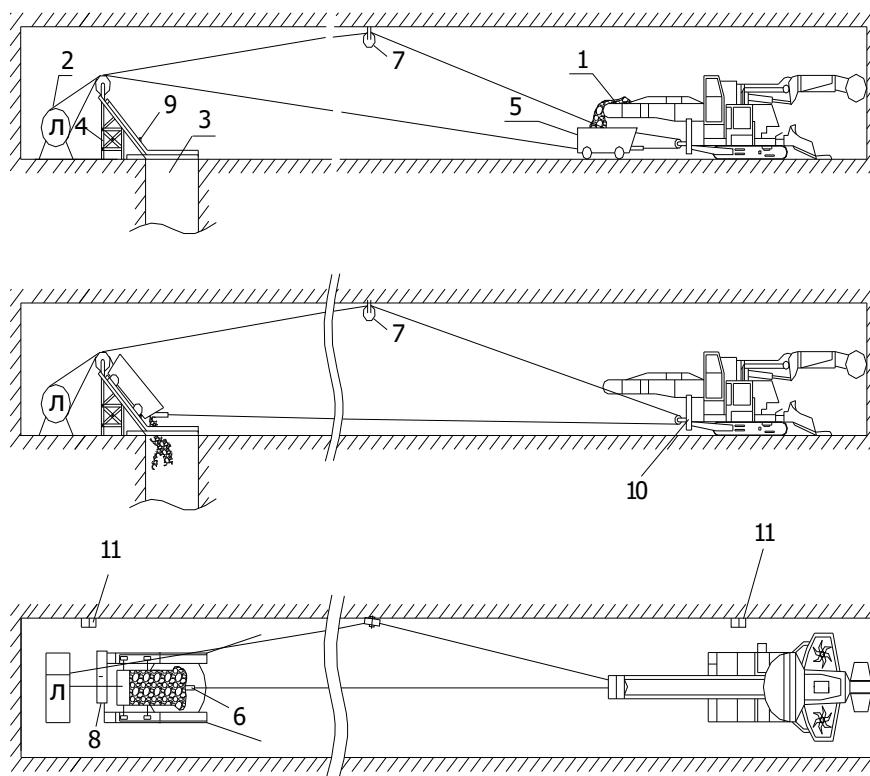


Рис.1. Схема доставки руды ПКС

1) комбайн; 2) лебедка; 3) рудоспуск; 4) эстакада; 5) скреперный ковш; 6) защитная труба для троса; 7) отклоняющий шкив; 8) отклоняющий барабан; 9) замки; 10) буфер; 11) световая и звуковая сигнализация

Метод разгрузки скреперного ковша на эстакаде под углом  $45^\circ$  (рис. 1), позволяет открыть магнитные защелки борта ковша и разгрузиться под действием силы тяжести выгружаемых пород (схема 2 на рисунке 1).

Если вмещающие породы слабые, представлены каменной солью то комбайн легко проходит наклонные съезды к рудоспускам, установленным вокруг трубки. При развороте на  $180^\circ$  скреперный ковш разгружается вниз, в рудоспуск, как описано выше.

На горизонтальной плоскости ПКС разгружается как прицепной скрепер [4] для открытых горных работ, а руда выталкивается из скреперного ковша с помощью гидроцилиндров или канатов лебедки.

Увеличение канатоемкости барабанов скреперной установки за счет применения более износостойких и утоньшенных канатов подтверждается техническим проектом на изготовление подземного колесного скрепера выполненного в Московском техническом университете им. Н.Э.Баумана

Рекомендую изготовление подземных колесных скреперов частным предприятиям для поддержания малого бизнеса Якутии.

### Литература

1. Егоров И.К. Определение производительности зарубежных комбайнов на рудниках в зоне многолетней мерзлоты // Горный информ.-аналит. бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2004. №9.
2. Тихонов Н.В. Транспортные машины горнорудных предприятий. М.: Недра, 1985.

3. Егоров И.К. Механизм разрушения кимберлитов комбайнами и сохранность кристаллов // Горный информ.-аналит.бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2005. №1.
4. Раннев А.В. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин. М.: Издательский центр «Академия», 2003. С.119.

## **О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В РАЗВИТИИ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Мординова М.А.,  
Финансово-экономический институт ЯГУ, г. Якутск  
[mordmarina@yandex.ru](mailto:mordmarina@yandex.ru)

По мнению Шапиро В.Д. и др., авторов первого в России учебника «Управление проектами», реальное использование новой для России концепции т.н. проектного управления (иначе называемого Управление проектами, Project Management) началось около 10 лет назад в условиях радикального реформирования отечественной экономики.

Методы, принятые в новой дисциплине, стали применяться в энергетической, нефтегазовой, металлургической, строительной и некоторых других отраслях российского народного хозяйства. Можно говорить об их массовом применении в инвестиционных проектах и программах любого назначения с иностранным участием, а также широком использовании в кредитно-финансовой сфере [1, с. 3].

Для возникновения потребности в широком использовании методов управления проектами существует ряд объективных предпосылок. К ним, прежде всего, можно отнести предпосылки, сложившиеся на макроэкономическом уровне. Во-первых, в настоящее время в условиях глобализации мировой экономики геополитические задачи Российской Федерации направлены на активное включение экономики страны в мирохозяйственные связи. Во-вторых, за последние двадцать лет в экономике страны произошли значительные изменения, связанные с развитием новых, рыночных форм собственности в сфере производства и услуг, сдвигов в отраслевой структуре производства и формированием системы эффективного менеджмента. На микроэкономическом уровне к данным предпосылкам можно отнести потребность предприятий в решении сложных задач, связанных с проблемами маркетинга, проектирования, изготовления, строительства, внедрения инноваций, в условиях высокой степени изменчивости и неопределенности внешней рыночной среды. Усложнение условий деятельности предприятий требует координации деятельности многих подразделений предприятий и внешних партнеров: поставщиков, покупателей, инвесторов. Таким образом, высока потребность предприятий в исполнителях высшей квалификации в решении перечисленных задач.

В настоящее время в Южной Якутии происходят наиболее масштабные изменения в экономике региона в соответствии со «Схемой комплексного развития производительных сил, энергетики и транспорта Республики Саха (Якутия) до 2020 года» разработанной в соответствии с поручением Президента Российской Федерации В.В. Путина от 3.02.2006 г. № Пр-154, поручением Председателя Правительства РФ от 10.02.2006г. №МФ-П9-479, распоряжением Президента Республики Саха (Якутия) от 08.02.2006г. № 54-рп, распоряжением Правительства Республики Саха (Якутия) от 18.02.2006 № 130-р.

В основных положениях Схемы отмечено, что «...целью Схемы является обоснование долгосрочных стратегических направлений, приоритетов и сбалансированных сценариев развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики, обеспечивающих устойчивое социально-экономическое развитие, совершенствование пространственной



организации, рост уровня жизни населения, повышение роли Республики Саха (Якутия) в экономике страны и Дальневосточного округа на основе оптимального использования ее природно-экономического потенциала и конкурентных преимуществ» [3, с. 2].

Главной содержательной частью Схемы является система взаимосвязанных крупных инвестиционных проектов развития базовых отраслей промышленности, энергетики и транспорта Республики Саха (Якутия), в том числе на территории Южной Якутии.

В состав Схемы входят несколько крупных блоков:

- макроэкономический блок, в котором дается оценка текущей социально-экономической ситуации в Республике, выявляются проблемы и конкурентные преимущества, намечаются основные направления, приоритеты и возможные сценарии ее долгосрочного развития, обосновываются основные макроэкономические параметры на прогнозируемую перспективу;

- отраслевой блок, содержащий варианты развития отраслей специализации и обслуживающих отраслей промышленности, сельского хозяйства, строительства, транспорта и энергетики;

- социальный блок, содержащий варианты развития сферы услуг и целевые параметры уровня жизни населения;

- территориальный блок, обобщающий предложения по совершенствованию пространственной организации;

- сводный том, обобщающий результаты всех основных блоков, обеспечивающий увязку макроэкономических, отраслевых и региональных показателей и содержащий обоснование мер по механизму реализации стратегических рекомендаций Схемы [3, с. 4].

Всю совокупность блоков Схемы и многообразие вариантов развития, мероприятий и процессов, происходящих при реализации Схемы, можно представить как совокупность социальных, технических, организационных, экономических проектов. Следовательно, управление реализацией Схемы можно представить как управление проектами, расположенными на разных уровнях иерархической структуры проектов. Управление проектами определяется как «...профессиональная творческая деятельность по руководству людскими и материальными ресурсами путем применения современных методов, средств и искусства управления для успешного достижения заранее поставленных целей при определенных требованиях к срокам, бюджету и характеристикам ожидаемых результатов проектов, осуществляемых в рыночных условиях в социальных системах» [4, с.12].

Иерархическую структуру проектов по Схеме можно определить в соответствии с типом структурной декомпозиции работ по исполнителям, предлагаемой Товс А.С. и Ципес Г.Л. [4, с. 49]. Структурная декомпозиция работ представляет собой иерархическую структуризацию работ проекта, ориентированную на основные результаты проекта, определяющие его предметную область. Каждый нижестоящий уровень структуры представляет собой детализацию элемента высшего уровня проекта. Элементом проекта может быть как продукт, услуга, так и пакет работ или работа [4, с. 12].

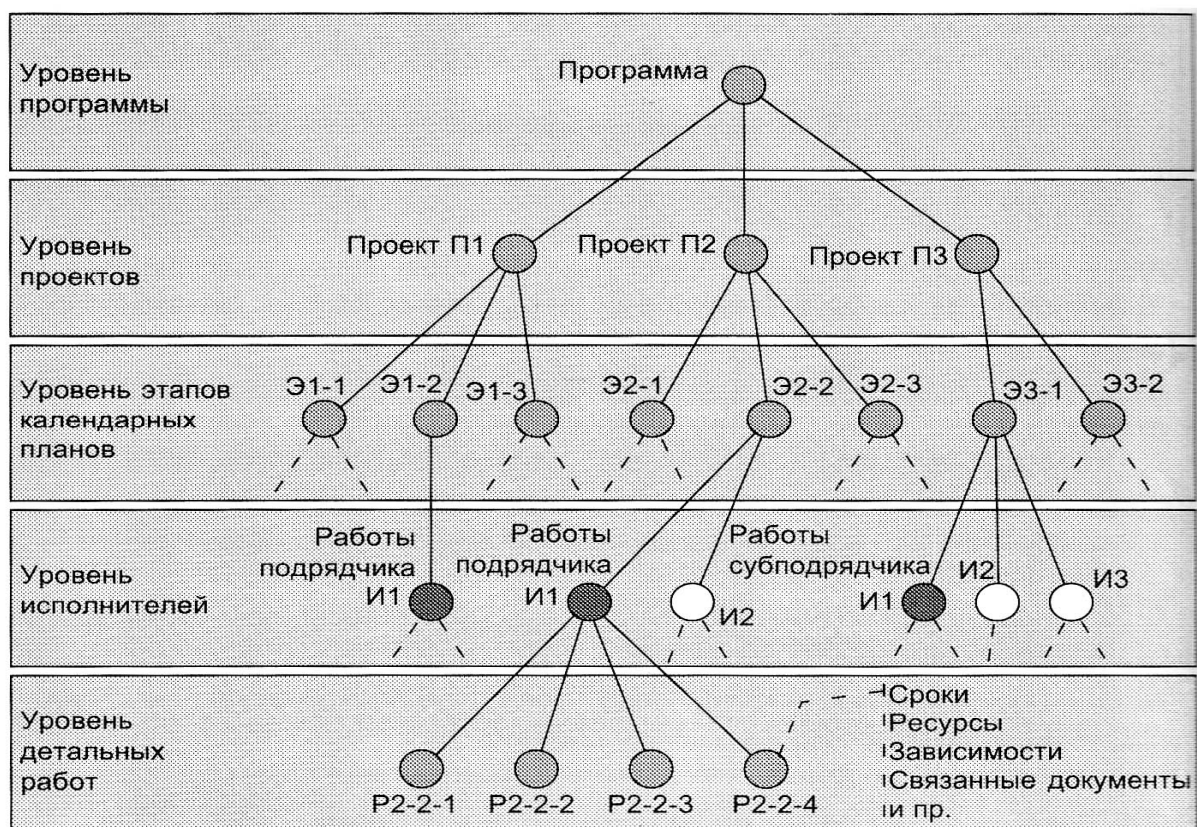


Рис. 1. Иерархическая структура проектов по Схеме по исполнителям

Применение методов управления проектами в развитии Южной Якутии позволит эффективно управлять временными, затратными, качественными параметрами внедряемых проектов, а именно:

- разработать и обосновать концепции проектов;
- оценить эффективность проектов с учетом факторов риска и неопределенности;
- выполнить технико-экономическое обоснование проектов и разработать бизнес-план проектов;
- осуществить системное планирование проекта на всех фазах его жизненного цикла;
- оценить инвестиционные качества отдельных финансовых инструментов и отобрать наиболее эффективные из них; разработать смету и бюджет проектов, соответствующие заданным ограничениям;
- подобрать исполнителей проектов через процедуру конкурсов (торгов);
- подготовить и заключить контракты на поставку; организовать оптимальную процедуру закупок и поставок; организовать реализацию проектов, в том числе подобрать так называемую «команды» проектов;
- обеспечить эффективный контроль и регулирование, а также управление изменениями, неизбежными в ходе реализации проектов, на основе современных информационных технологий;
- организовать эффективное завершение проектов;
- организовать системное управление качеством продукции проектов;
- в полной мере учесть так называемый «человеческий фактор», нередко оказывающий решающее воздействие на эффективность проектов в целом [1, с. 8].

## Литература

1. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами. М.: Омега-Л, 2006. 664 с.
2. Портни С. Управление проектами: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 352 с.
3. «Схема комплексного развития производительных сил, энергетики и транспорта Республики Саха (Якутия) до 2020 года»
4. Товс А.С., Ципес Г.Л. Управление проектами: стандарты, методы, опыт. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. 240 с.
5. Шапиро В.Д. и др. Управление проектами. СПб.: «ДваТриИ», 1996. 610 с.
6. Corbel J.-C. Management de projet. Fondamentaux – Methodes – Outils. Paris : Editions d'Organisation, 2006. 238 p.
7. Porter M. Choix stratégiques et Concurrence. Techniques d'analyse des secteurs et de la concurrence dans l'industrie. Paris: Economica, 1998. 426 p.

## ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Федорова Н.А., к.э.н., доцент,  
Финансово-экономический институт ЯГУ, г. Якутск, [nurguayana@sitc.ru](mailto:nurguayana@sitc.ru)

Социально-экономическое развитие Южной Якутии, как и любого другого региона, в основном определяется динамикой производства и занятости на крупнейших промышленных предприятиях региона. В связи с этим при разработке программ социально-экономического развития Нерюнгринского района РС (Я) на период с 2006 по 2020 гг. и Алданского района РС(Я) на период с 2007 по 2011 гг. одним из важнейших направлений работы являлось прогнозирование и планирование деятельности предприятий на среднесрочный и долгосрочный периоды. Составление подобных планов и прогнозов в настоящее время стало частью стратегического управления, внедряемого на промышленных предприятиях республики и РФ с 90-х годов. Следует отметить, что, несмотря на популярность стратегического управления за рубежом и в центральной части России, на республиканских предприятиях этот вид управления начал реализовываться сравнительно недавно. Стратегические планы организаций всегда носят вероятностный характер и основаны на разработке сценариев развития внешней и внутренней среды предприятия, комплексной оценке бизнеса. Такие методы стратегического прогнозирования и планирования как SWOT-анализ, составление матриц стратегического планирования, определение ключевых факторов успеха и стратегических единиц бизнеса, выявление творческого потенциала сотрудников АУП редко используются при планировании деятельности предприятий на долгосрочный период. Однако понятия стратегии, стратегических направлений деятельности, анализ сильных и слабых сторон организации уже успешно применяются на практике при разработке долгосрочных программ развития предприятий. Для обеспечения высокого качества программ крупные предприятия обращаются к международным и российским институтам, консалтинговым компаниям, специализирующимся в соответствующих отраслях. При условии активного сотрудничества этих фирм и руководства предприятий в процессе разработки бизнес-планов и программ планирование осуществляется успешно и возрастает степень достижения стратегических целей предприятий. В противном случае в процессе реализации программы предприятие сталкивается с целым рядом неучтенных проблем. Для обеспечения эффективности стратегического управления наилучшим

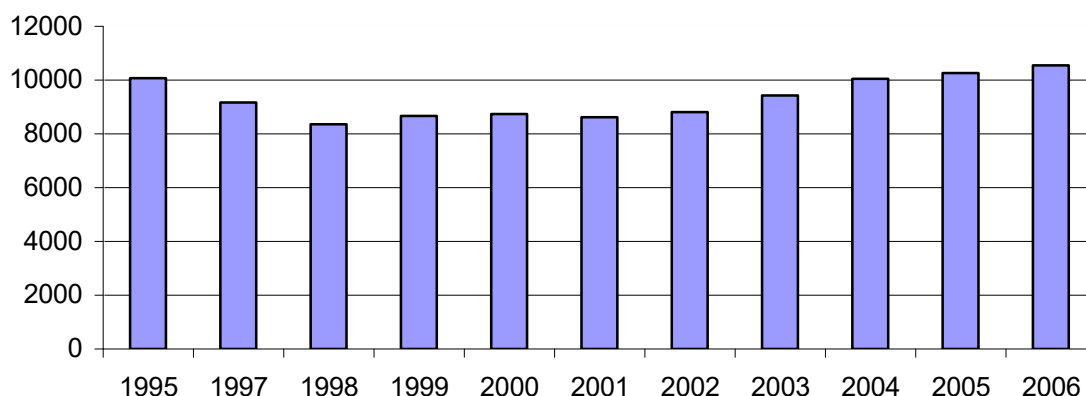
вариантом является создание собственного отдела стратегического планирования или отдела управления изменениями (при глобальных изменениях на предприятии), который являлся бы и разработчиком программ, и их исполнителем.

Соответственно, стратегическое управление как вид менеджмента и непрерывный процесс планирования и реализации стратегии применяется не в полной мере: его отдельные понятия стали популярными, но методы управления на практике применяются бессистемно, хаотично. Поэтому говорить об эффективности применения стратегического управления на предприятиях РС (Я) еще рано, хотя можно заострить внимание на основных проблемах предприятий и возможных стратегиях их развития.

Предприятия Южной Якутии, как большинство предприятий РС (Я), испытывают достаточно большое количество проблем стратегического характера. Несмотря на богатство природных ресурсов, их добыча и переработка связаны с многочисленными трудностями, начиная со сложных климатических условий и заканчивая проблемами недостатка квалифицированного производственного персонала.

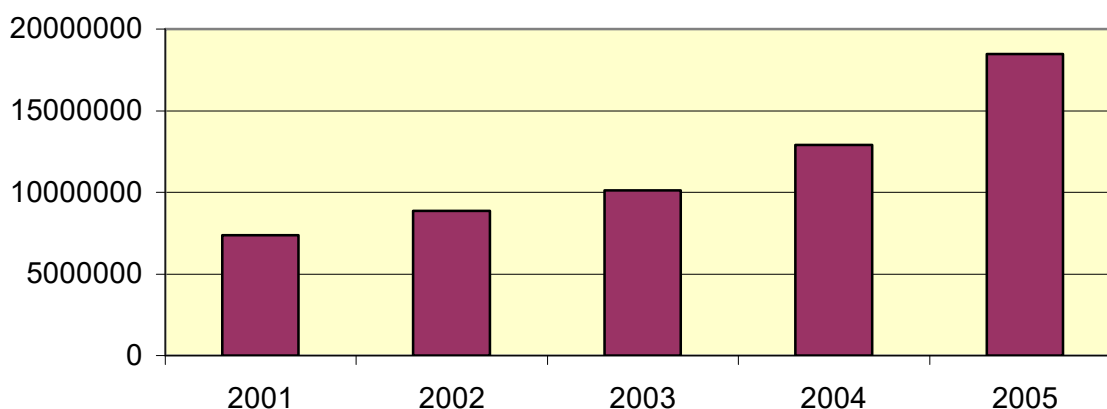
Промышленность Нерюнгринского района характеризуется высоким удельным весом топливной отрасли (добыча угля) – 89 %, наличием цветной металлургии (золото) – 9 %, электроэнергетики – 0,7 %, лесной деревообрабатывающей отрасли – 0,1 %, пищевой отрасли – 0,5 % и легкой промышленности.

**Динамика добычи угля в Нерюнгринском районе, 1995-2006 гг., тыс. тонн**



Выпуск товаров и услуг крупными и средними предприятиями Нерюнгринского района с 2001 по 2005 гг. характеризуется постоянным ростом. В 2006 г. объем отгруженных товаров и выполненных работ крупными и средними организациями составил 22 352 372 тыс. руб. (106,2 % к уровню 2005 г.). Доля прибыльных организаций на 01.12.06. составила 50,7 %.

**Динамика выпуска товаров и услуг крупными и средними предприятиями промышленности  
Нерюнгринского района, тыс. руб.**



В соответствии с принятой Схемой комплексного развития производительных сил, энергетики и транспорта Республики Саха (Якутия) до 2020 года экономика Южной Якутии будет развиваться чрезвычайно быстрыми темпами. Освоение Эльгинского месторождения (30 млн. тонн угля в год), а также строительство шахт «Холодниканская» (1,5 млн. тонн угля в год), «Чульмаканская» (0,9 млн. тонн угля в год), «Денисовская» (5 млн. тонн угля в год), «Инаглинская» (1 млн. тонн угля в год) позволит обеспечить углем Дальний Восток России и осуществлять экспортные поставки продукции в страны АТР. В прогнозируемый период 2015-2020гг. на территории Республики Саха (Якутия) первоочередным объектом считается строительство металлургического ГОКа Таежный<sup>1</sup> к 2017гг.; объем производства – 2,83 млн. тонн. Предусматривается соответствующее развитие транспортной инфраструктуры и энергетики.

Высокие темпы роста экономики в данном случае будут обеспечиваться в основном за счет создания новых производств, а деятельность существующих на настоящий момент предприятий должна быть рационализирована. В этой связи необходимо рассмотреть вопросы модернизации технологий, повышения производительности труда, сокращения издержек производства, повышения квалификации персонала и оптимизации его численности.

Состояние промышленности в Нерюнгринском районе в основном определяется деятельностью угледобывающих предприятий, прежде всего ОАО ХК «Якутуголь». Одно из крупнейших предприятий республики уделяет должное внимание вопросам долгосрочного планирования своей деятельности, разрабатывая планы и программы развития предприятия на основе анализа и прогнозирования тенденций изменения спроса на уголь (мирового, российского рынков и РС (Я)), анализа состояния предприятия и его проблем. Текущая деятельность предприятия направлена на увеличение производительности труда, снижения себестоимости продукции, увеличение рентабельности. Предприятие нацелено на увеличение доли экспорта своей продукции. Однако следует отметить, что более 60% основных фондов ОАО ХК «Якутуголь» эксплуатируется со сверхнормативным или близким к нему износом. Планируемое увеличение объемов добычи угля до 10 760 тыс. тонн в год требует технического перевооружения Нерюнгринского разреза, обогатительной

<sup>1</sup> Из Схемы комплексного развития производительных сил, энергетики и транспорта Республики Саха (Якутия) до 2020 года

фабрики, а также создания нового угледобывающего предприятия – шахта «Холодниканская», мощностью 1,5 млн. тонн в год. Возникает проблема недостатка собственных средств ОАО ХК «Якутуголь» для инвестиций в техническое перевооружение предприятия и становится необходимым нахождение других источников финансирования.

Следует отметить, что разработка и реализация стратегии крупнейшего предприятия республики, имеющего долголетнюю историю существования, по сложности не сравнимы с процессами стратегического управления других организаций, действующих на территории района. Что касается других угледобывающих небольших компаний, то они также испытывают ряд проблем: усложнение горно-геологических условий обрабатываемого пласта, повышенная обводненность, аварии и поломки оборудования, недостаток собственных средств и др. Наиболее перспективным из этих компаний является сахакорейское совместное предприятие по добыче угля ООО «Эрэл», созданное относительно недавно, в 1993 г.. На восточном участке Чульмаканского месторождения на базе ООО СП «Эрэл» до 2010 г. будут построены шахта «Инаглинская» с проектной мощностью более 1,2 млн тонн и обогатительная фабрика по переработке чульмаканских углей марки Ж, КЖ. Грамотно построенная стратегия позволяет предприятию постоянно обновлять парк горного оборудования за счет собственных средств (прибыли). Согласно разработанному плану добыча угля к 2010 г. составит 2500 тыс. тонн в год.

Анализ состояния предприятий других отраслей промышленности Нерюнгринского района показал наличие достаточно сложных проблемных ситуаций. Так, например, объем производства изделий из камнесамоцветов в Нерюнгринском районе с 2003 г. постоянно снижается, наибольшее сокращение производства произошло в 2006 г., когда было произведено всего 45,2 % от уровня предыдущего года. Следует отметить, что в программе социально-экономического развития Нерюнгринского района до 2006 г. были предусмотрены мероприятия по реализации инвестиционных проектов по следующим направлениям:

- стабилизация и увеличение добычи чароита,
- расширение ассортимента и увеличение выпуска камнерезных изделий,
- строительство карьера и завода по переработке мрамора,
- организация камнеобрабатывающего производства для производства облицовочных материалов.

Однако задачи ГПП «Востоккварцсамоцветы» остались нерешенными, у предприятия тяжелое финансовое положение.

У золотодобывающих предприятий Нерюнгринского района, работающих на россыпных месторождениях, основными проблемными областями являются износ производственных мощностей добывающих предприятий, отсутствие или недостаточный объем технического перевооружения, недостаток собственных оборотных средств по финансированию материально-технического снабжения, недостаток квалифицированного производственного персонала.

#### Добыча золота, кг.

Показатель	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2006 г.	
							в % к 2001 г.	в % к 2005 г.
Добыча золота	3774	4402	3848	3080	3245	3307	87,6	101,9

Следует отметить, что те же проблемы существуют в Алданском районе, где цветная

металлургия (добыча золота) составляет 98 % от общего объема производства промышленной продукции.<sup>2</sup>

Удельный вес Нерюнгринского района по производству потребительских товаров в общем объеме по Республике Саха (Якутия) невысокий, хотя на его территории функционируют предприятия, имеющие достаточно хороший потенциал роста, продукция которых занимает призовые места на всероссийских конкурсах. Это обусловлено нехваткой собственных оборотных средств на модернизацию производства, высоким моральным и физическим износом оборудования при недостаточной загрузке мощностей. В пищевой промышленности ОАО «Пищевик» в 2002-2003 годах так и не получило ни одного кредита, реконструкция и техническое перевооружение производственных линий по выпуску цельномолочной продукции, пива не были проведены и с 2002 г. на предприятии прекращено производство пива, цельномолочной продукции.<sup>3</sup>

Для сравнения рассмотрим ситуацию с предприятиями пищевой отрасли Алданского района. Обладающее большим потенциалом развития, современными технологиями, производящее высококачественную продукцию ООО «Дэмис» также испытывает целый ряд проблем, связанных с ростом дебиторской задолженности, нехваткой собственных оборотных средств на финансирование инвестиций, значительной стоимостью банковского кредита, сокращением объемов реализации продукции и др. Рынки продовольственных товаров заполнены привозным товаром, качество которого значительно уступает продукции местного производства и может негативно отражаться на здоровье населения. В этой ситуации нельзя ориентироваться только на рыночные механизмы регулирования экономики, необходимо вмешательство государства. Возможным направлением является развитие государственной поддержки в виде субсидирования части затрат на уплату процентов по кредитам на сырье и инвестиционным кредитам.

В условиях нестабильности внешней среды предприятий стратегическое управление, основанное на вероятностных оценках проблемных ситуаций должно получить большее распространение. Руководству промышленных предприятий рекомендуется обращать большее внимание на оценку важнейших проблем, разработку стратегических планов развития (на долгосрочную перспективу) и соответствующую подготовку управленческих кадров. Следует учитывать, что состояние предприятия, его планы развития и политика администрации муниципального образования, на территории которого оно действует, взаимно влияют друг на друга. Поэтому при разработке программ социально-экономического развития муниципальных образований Нерюнгринского района на период 2007-2011 гг. необходимо обеспечить взаимовыгодное активное сотрудничество между руководством предприятий и администрациями МО.

УДК: 330.322.2:338.45:001.895

---

<sup>2</sup> ОАО «Алданзолото ГРК» до 2006 г. являлось убыточным, в 2005 г. убытки составили около 130 млн. руб., но в 2006 г. предприятие наконец добилось получения чистой прибыли 160 млн. руб. В настоящее время стратегическими направлениями деятельности ОАО «Алданзолото ГРК» являются расширение производства по добыче и переработке руд и увеличение объемов производства золота до 10 тонн к 2010 г., модернизация Куранахской ЗИФ с целью увеличения производительности до 4,5 млн. тонн руды в год.

<sup>3</sup> Из программы социально-экономического развития г. Нерюнгри на 2006-2011 гг.

## **ИНВЕСТИЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

Бурцев Н.Н., к.ф.-м.н., доцент,  
Миронов А.С., Филиппов Д.В.,  
Якутский государственный университет, г. Якутск,  
[bourtsev@rambler.ru](mailto:bourtsev@rambler.ru)

На Севере Российской Федерации, который составляет 70% территории страны, добывается 72% всей нефти и газового конденсата, 93% природного газа, 100% алмазов, заготавливается 37% деловой древесины, производится основная часть цветных, редких металлов и золота и многие другие важные виды продукции, обеспечивающие в совокупности до 60% экспорта страны. Север дает 15-20% суммарного ВРП и является устойчивым донором федерального бюджета. Это притом, что в ней проживает всего 8% населения страны. Учитывая относительную освоенность природных ресурсов и перенаселенность центральных регионов страны можно считать, что экономическое развитие Российской Федерации в дальнейшей перспективе в значительной степени будет обусловлено освоением Северных территорий.

С другой стороны, в условиях глобализации мировых экономических процессов усиливается геополитическое значение Севера. Он в будущем сыграет роль плацдарма международного сотрудничества в Баренц-Евроарктическом регионе и в Северной части Тихоокеанского бассейна. Порты Арктики и Северный морской путь открывают Российской Федерации прямые выходы на важнейшие мировые рынки (1, с.69). Наблюдаемое улучшение ледовой обстановки в арктических морях, в результате глобального потепления, делает ресурсы Российского Севера более доступными. В таких условиях организация их добычи становится экономически целесообразным.

Таким образом, ожидается решающий перевес приоритетов в политике экономического развития страны в сторону Севера и возрастание интереса международного сообщества в сотрудничестве по его промышленному освоению. Такая постановка вопроса в значительной степени касается северо-восточного региона страны, в частности, Республику Саха (Якутия). Иницилируемые крупные проекты по строительству железной дороги, трубопровода, строительства системы ГЭС на территории республики создадут необходимую инфраструктуру для промышленно-индустриального освоения всего северо-восточного региона страны. В «Схеме размещения производительных сил Республики Саха (Якутия) до 2020 года» для минимизации экологической нагрузки на территорию и издержек на социальную инфраструктуру при реализации мегапроектов заложена политика вахтового метода организации работ. Однако не надо забывать, что данные проекты являются всего лишь начальным этапом более долгосрочной стратегии социально-экономического развития региона, закладывающим ее инфраструктурную основу. Целью структурной политики в ее территориальном (региональном) разрезе является преодоление диспропорций между размещением обрабатываемых производств в Европейской части страны, а добывающих производств – в ее восточных районах. Приоритетом и объектом государственной промышленной политики являются межрегиональные территориально-производственные комплексы (МТПК). Однако при этом признается необходимость создания благоприятных социально-экономических предпосылок для развития промышленности в районах Севера, без освоения естественного потенциала которых стабильное развитие экономики России в целом невозможно (2, с.259-260). Поэтому заранее необходимо заложить заранее



организационно-экономические механизмы развития отраслей экономики, без которого немыслима реализация промышленной политики региона. В условиях северо-востока страны, без сомнения, она должна иметь инновационный характер. Возможность создания новых производств, при отсутствии необходимости демонтажа старых устаревших основных средств и многие другие преимущества (3, с.143-148) делают это весьма перспективным. Предпосылки и значительные наработки в этом направлении имеются. Руководством Республики Саха (Якутия) еще в 1992 г. (4,5) были сформированы основные структурные составляющие инновационной системы Республики Саха (Якутия) (рис. 1). Определены приоритетные развития инновационных процессов в Республике Саха (Якутия) (6) и проделана большая работа по разработке республиканских инновационных программ.

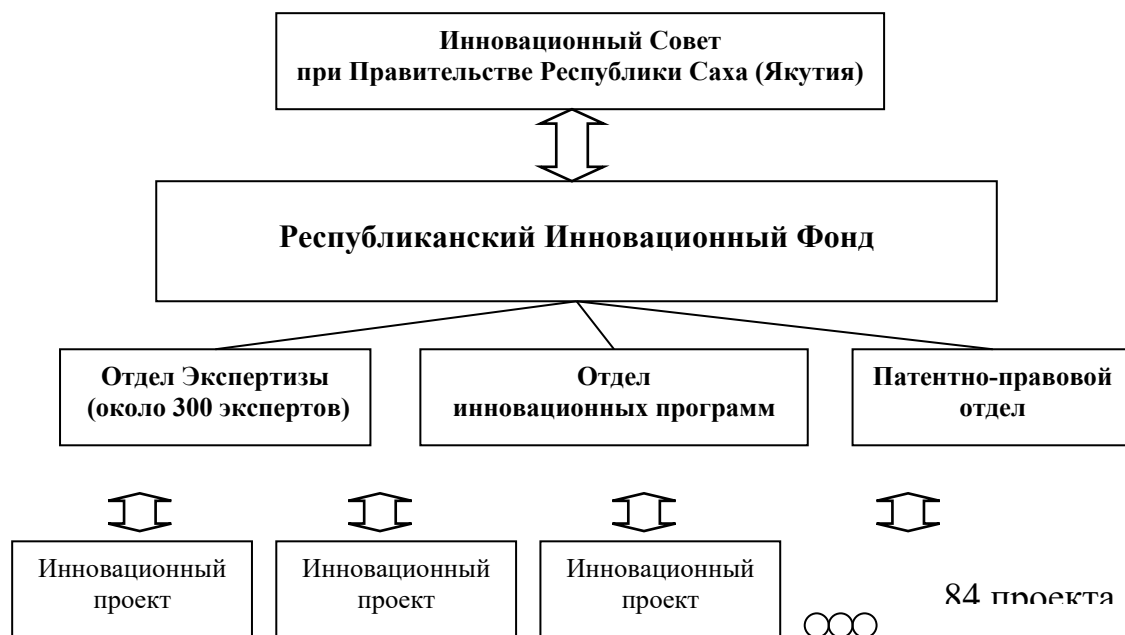


Рис. 1. Структура инновационной системы Республики Саха (Якутия) в 1993 году

Несмотря на имевшийся в активе республике ресурсный потенциал, незрелость рыночных отношений и отсутствие определенной промышленной политики страны в начальном этапе реформ не позволили дальше развить созданную тогда инновационную систему (7, с.106-113).

В настоящем периоде развития страны инновационные подходы вновь стали приоритетным курсом Правительства РФ. Провозглашен путь построения экономики инновационного типа в стране, начинает работать грантовая система поддержки инновационных проектов. Следует отметить, что она полезна для создания инфраструктуры поддержки (организация инженерно-технологических центров, инкубаторов технологий и технопарков), но в силу разовости грантов, не может обеспечить масштабы поддержки инноваций. Применяемые в практике российского бизнеса налоговые льготы и каникулы в российских условиях вряд ли могут быть достаточным условием развития инноваций. Для этого необходим комплексный подход, включающий законодательно-нормативную, финансово-экономическую и организационную составляющие. На основе создания работоспособной системы поддержки инновационных должен лежать принцип заинтересованности всех участников процесса (рис. 2).



Рис. 2. Источники финансирования и управление технологическими инновациями

В первую очередь, менеджеров в высоких венчурных прибылях и реальная защита интеллектуальной собственности патентодержателей, владельцев «ноу-хау» и разработчиков. Она должна быть привлекательна для инвесторов.

На современном этапе развития экономики, когда актуальнее и целесообразнее привлечение ресурсы местных инвесторов, мы предлагаем построение региональной (республиканской) инновационной системы начинать не «сверху», как было уже сделано в Республике Саха (Якутия), а с уровня муниципальных образований (МО). При этом инициатива должна принадлежать их администрациям. Они заинтересованы, прежде всего, в создании организационно-экономического механизма управления развитием промышленности, в осуществлении своей социально-экономической политики и возможности накопления финансовых ресурсов для развития района. Опыт работы авторов по разработке ряда программ развития МО выявил наличие большой проблемы в этом вопросе. Отсутствие эффективных механизмов воздействия на отрасли экономики и необходимых финансовых ресурсов, делает весьма затруднительным выполнение со стороны администраций своих функциональных обязанностей в своих МО. Это усугубляется отрицательными сторонами процесса перехода на самоуправление. Поэтому в рамках разработки «Республиканской целевой программы социально-экономического развития Мирнинского района РС(Я) на 2006-2010 гг.» руководству района было предложено создание системы поддержки промышленности МО по схеме, которая показана на рис. 3.

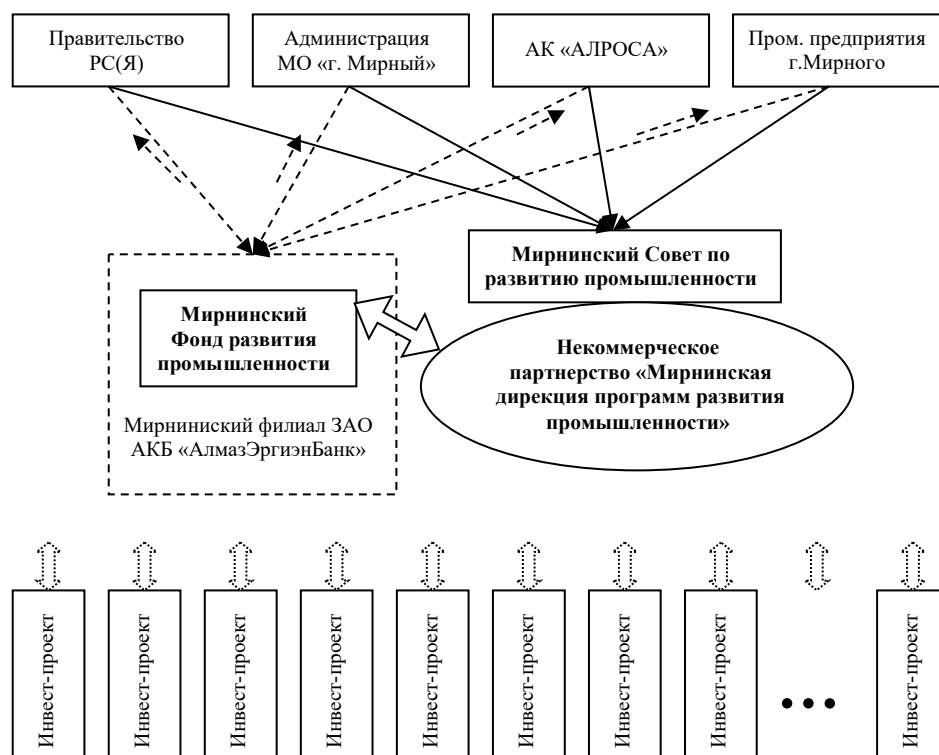


Рис. 3. Муниципальная система поддержки развития промышленности для МО «Мирнинский район»

Отметим, что она, по сути, является инновационной, поскольку конкурентоспособность современной промышленности может быть обеспечена только современными технологиями. В российской практике с понятием «инновации» больше связывают проблему поддержания прикладной науки и «внедрения» научных разработок, нежели проблему инновационного развития промышленности. Это обстоятельство в определенной мере, «отпугивает» российский бизнес. Поэтому, подчеркивая производственно-экономический характер системы, далее будем называть систему «промышленной», одновременно подразумевая его инновационную суть. Муниципальный Фонд развития промышленности считаем целесообразным создать в виде специального счета в банке, а не отдельного юридического лица, с которого будет осуществляться финансирование по тем условиям, которое диктует «Совет по развитию промышленности». Это позволяет избежать лишних финансовых, организационных издержек и использовать наработанную финансово-кредитную систему банка. Юридическое обеспечение, организация и контроль, предполагается, будет обеспечено НКП «Дирекция программ развития промышленности». Дирекция программ подотчетна Совету, который является совещательным органом при Администрации МО по реализации им промышленной и инновационной политики.

Естественно, создание подобных структур реально в районах республики, где существуют крупные промышленные предприятия, которые заинтересованы в развитии сопряженных основному смежных производств и готовы их инвестировать. Поэтому предлагается создать их в пилотном варианте в двух-трех МО Республики Саха (Якутия), где имеется достаточный ресурсный потенциал, созрели все субъективные и объективные условия. Вторым, наиболее вероятным таким районом, может быть Нерюнгринский район, где примерная структура системы будет также выглядеть аналогично (рис. 4).

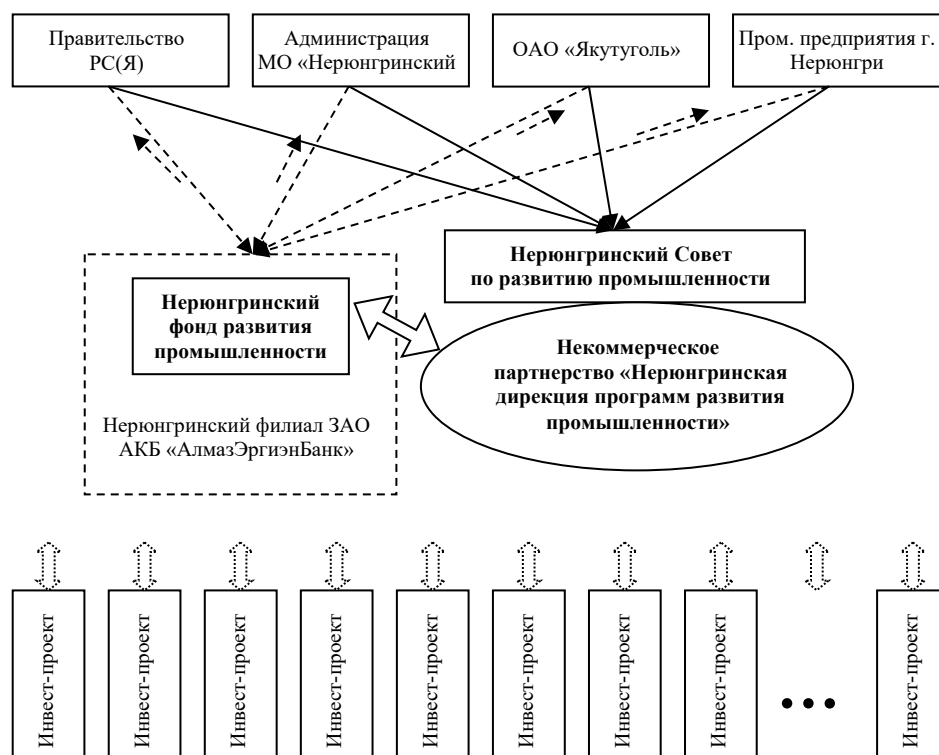


Рис. 4. Примерная структура системы поддержки промышленности МО «Нерюнгринский район»

Фонд можно создать на базе любого другого банка или даже нескольких финансово-кредитных организаций.

В заключение следует указать, что в данной работе описана первоначальная стадия создания региональной системы поддержки инноваций. Следующим этапом развития данной системы является формирование межрайонных, межрегиональных и межотраслевых стратегических альянсов согласно развития вышеуказанных МТПК, региональных промышленных кластеров. Созданные инновационные системы в отдельных, в промышленном отношении более развитых, районах будут опорными для распространения их действия в депрессивных территориях республики. Это касается не обязательно промышленных отраслей, но и других, в частности, переработка сельхозпродукции. Можно привести примеры успешной коммерциализации «ноу-хау» в виноделии, пивоварении и сыроваренном деле за рубежом.

Таким образом, муниципальная промышленно-инновационная политика не только будет органически вписана в республиканскую и федеральную промышленно-инновационную политику, но и активно влиять на процесс их формирования. Правильность подобного подхода подтверждается не только отрицательным опытом развития российского бизнеса, но и успешно функционирующие инновационные структуры Японии, США и других развитых стран.

### Литература

1. Региональное развитие: опыт России и Европейского Союза / Рук. авт. колл. и отв. ред. А.Г. Грандберг. М.: ЗАО «Изд-во «Экономика», 2000. С. 69.
2. Стратегический ответ России на вызовы нового века / Под общ. ред. академика Л.И. Абалкина. М.: Изд-во «Экзамен», 2004. С. 259-260.
3. Бурцев Н.Н. Промышленность России в условиях развития конкурентной среды. Региональный аспект. М.: «Наука», 2003. С. 143-148.

4. Указ Президента РС (Я) "Об образовании Инновационного Совета и Инновационного фонда Якутии" N93 от 06.03.92 г.

5. Постановление Правительства РС (Я) "Об образовании инновационного фонда РС (Я)" N192 от 14.04.92 г.

6. Постановление Правительства РС (Я) "О проекте Закона Республики Саха (Якутия) "Об инновационной деятельности и технологиях" N409 от 17.09.93 г.

7. Бурцев Н.Н. Опыт организации инновационной системы и потенциальные возможности инфраструктуры поддержки производств на основе прогрессивных технологий в Республике Саха (Якутия) / 2-я научно-практическая конференция "Актуальные вопросы деятельности налоговой системы России по обеспечению экономической безопасности страны". М.: Изд-во РЭА, 1998. С.106-113.

#### **Секция 4. Состояние и проблемы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы**

УДК 551.762:552.7

### **О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЛОКАЛИЗАЦИИ ГОРИЗОНТОВ С ПОВЫШЕННОЙ УГЛЕНАСЫЩЕННОСТЬЮ В ЮРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЕВРАЗИИ: К НАУЧНОМУ ОБОСНОВАНИЮ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Алексеев В.П., д.г.-м.н., профессор, Уральский государственный горный университет,  
г. Екатеринбург, [igg.lggi@ursmu.ru](mailto:igg.lggi@ursmu.ru)

Швецов В.М., ген. директор ООО Уральские Ресурсы,  
г. Екатеринбург, [Shvetsov@online.ru](mailto:Shvetsov@online.ru)

В процессе изучения большинства угленосных толщ, сформировавшихся в раннемезозойскую (Т<sub>3</sub>-J<sub>2</sub>) эпоху торфо(угле)накопления, мы обратили особое внимание на конвергентность (схожесть) их основных параметров, определяющих эквивинальность седиментологических процессов. В общих, методологических чертах это нашло отражение в модели раннемезозойской угленосной формации (УФ), которой соответствуют все объекты с промышленной угленосностью без исключения [4]. В практическом отношении значимость такой конвергентности для отдельных месторождений горизонтов, угольных пластов, в частности, показана на примере пластов Улуг Улугхемского бассейна и К<sub>4</sub> Денисовского месторождения Алдано-Чульманского угленосного района [3].

Полную верификацию данные представления получили в результате изучения глубокозалегающих отложений тюменской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна, которые служат связующим звеном для многих угленосных толщ, «опоясывающих» Западно-Сибирскую плиту [5]. Получив подобную проверку развиваемых представлений, мы сочли возможным вернуться к оценке угленосной толщи Южно-Якутского угольного бассейна, в своей верхней части знаменующей переход в более молодую, позднемезозойскую (J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>) эпоху торфо(угле)накопления.

Известно, что практическую ценность в Южно-Якутском бассейне, и прежде всего – в АЧУРе, представляют три типа угольных пластов, сосредоточенных в трех соответствующих горизонтах – дурайский (верхи средней юры), кабактинский (низы верхней юры) и нерюнгринский (граница юры и мела) [6, т. V; 8]. Попытаемся выполнить их сопоставление с горизонтами повышенной угленасыщенности других районов Центральной Евразии (азиатской части России и Северного Казахстана), предварив эту нестрогую корреляцию двумя принципиальными соображениями.

Во-первых, точная стратиграфическая привязка даже сверхмощных угольных пластов, сформировавшихся автохтонно, выглядит весьма проблематичной, что подробно разобрано в статье [2]. К примеру, угольные пласты Канско-Ачинского бассейна формировались в течение примерно 100 тыс. лет, тогда как длительность среднеюрского отдела, к которому они относятся, составляет около 11 млн. лет (без келловея). Из этого следует, что на накопление торфяника, давшего угольный пласт, занимающий по мощности 1/3 – 1/5 разреза толщи, пришлось лишь около 1 % общего времени ее формирования. Еще разительнее отличаются скорости седиментации терригенных пород и их закрепления в геологическом разрезе (по образному выражению С. И. Романовского, в некоторых случаях та или иная свита по сути формируется в течение перерыва в осадконакоплении). Во-вторых, само

точность стратиграфических методов для терригенных континентальных толщ составляет, в лучшем случае,  $\pm 0,2-0,5$  млн. лет, то есть определения дают примерно 1/3 яруса (верхний – средний – нижний).

С учетом изложенных замечаний, и не давая детальных пояснений исключительно за недостатком места, оценим положение основных типов угольных пластов Южно-Якутского бассейна в общем «каркасе» раннемезозойских УФ.

Дурайский тип непосредственно в Южно-Якутском бассейне соответствует самой верхней части среднего отдела юрской системы, т. е. байос-батскому ярусам (если не учитывать вычленение келловей из верхней юры, присущее более поздним шкалам и не свойственное отечественной стратиграфии XX в.). В таком случае он, что называется, «впрямую» увязывается с верхним горизонтом мощного торфо(угле)накопления Канско-Ачинского бассейна (бородинская свита Канской части) [6, т. III]. Для юго-востока Западной Сибири этот горизонт будет соответствовать угольным пластам У<sub>2-5</sub> [6, т. II]; в Забайкалье – тугнуйской свите [6, т. IV] и т. д.

Кабактинский тип, присущий в Южной Якутии нижней части верхнего отдела юрской системы (келловей – оксфорд в прежнем расчленении), в этом случае не будет иметь аналогов в Канско-Ачинском бассейне (здесь синхронно во времени формировались аридные отложения тяжинской свиты). На юго-востоке Западной Сибири с ним будет коррелироваться пласт У<sub>1</sub> васюганского горизонта (низы оксфорда): естественно в самом общем понимании такого весьма приближенного геологического сравнения.

Нерюнгринскому типу, в АЧУРе завершающему юрскую систему в целом, в Западной Сибири будет соответствовать баженовская свита битуминозных аргиллитов. В Южной Сибири отложения этого стратиграфического горизонта в основном относятся к аридным.

Как видно из такого сопоставления, оно имеет сугубо сравнительный, совершенно обычный для региональной (в т. ч. и угольной) геологии характер. Однако, комплекс наработанных сведений начинает выглядеть принципиально по-иному, если оценить его с иных, модельных представлений [4, 7; см. начало тезисов]. Это показано на рис. 1, отображающем принципиальное тождество строения рассматриваемых угленосных толщ.

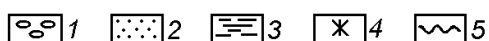


Рис. 1. Модель (колонка) мезозойской угленосной формации (УФ) и сводные разрезы ряда угленосных толщ: 1 – конгломераты и гравелиты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты и аргиллиты, пестроокрашенные породы, 5 – внутриформационные перерывы и несогласия

Рассмотрим главные черты сходства для территории, охватывающей южные части Западно-Сибирской и Сибирской плит, а также примыкающих к ним складчатых областей.

1. В работах [2, 5] мы охарактеризовали регионально распространенный горизонт с повышенной угленасыщенностью, распространенный на большой территории Западно-Сибирской плиты. Он приурочен к границе ааленского и байосского ярусов (пласт  $U_{10}$  на юго-востоке Западной Сибири). Близок к нему по возрасту нижний (камалинский) горизонт с повышенной угленасыщенностью в Южной Сибири (нижняя подсвита итатской свиты). По своему положению в модели раннемезозойской УФ этот горизонт совершенно соответствует дурайскому типу пластов Южно-Якутского бассейна, но смещенному по стратиграфической колонке *вниз*, в низы средней юры. Тем самым фиксируется возрастное *скольжение* угленосности, омолаживающееся с запада на восток; что давно описано в литературе и достаточно детально охарактеризовано нами ранее [4, 7].

2. Именно такое скольжение объясняет удивительную схожесть разновозрастных пластов Улуг Улугхемского бассейна (нижняя часть среднеюрской эрбекской свиты) и К4 Денисовского месторождения Алдано-Чульманского района Южно-Якутского бассейна (та же нижняя часть, но уже верхнеюрской кабактинской свиты). Выше уже отмечалось, что эта схожесть подробно описана в специальной статье [3].

3. То же скольжение обеспечивает и смещение верхнего горизонта с мощными угольными пластами из байос-батского времени, присущего южному обрамлению Западно-Сибирской плиты (верхняя подсвита итатской свиты), в верхнюю часть юрской системы для АЧУРа (нерюнгринский тип), т.е. омоложение в направлении с запада на восток. Дальнейшее скольжение еще более омолаживает возраст ряда мощных угольных пластов в Токинском районе. Поскольку угленасыщенность Южно-Якутского бассейна здесь «скачком» перешла в следующую, позднемезозойскую эпоху, то и закономерности в ее размещении становятся иными. В частности, для нее омоложение горизонта с мощными угольными пластами в Забайкальских впадинах и на Северо-Востоке происходит своеобразными концентрическими кругами, в направлении от окраин Сибирской плиты [6, т. IV].

Изложенный подход содержит ряд направлений по его использованию как в научно-методических, так и в практических целях. Не касаясь особенно первых, все же отметим, что полученные сведения уже по своей сути направлены на совершенствование и развитие научно-понятийной базы угольной геологии. Схожесть разноудаленных объектов может быть положена в основу разработки комплекса оптимальных методов для выполнения углеразведочных работ: вначале – на своеобразном опытном полигоне, а затем – посредством его быстрого внедрения на аналогичном объекте. Более того, как показала практика, опыт углегеологических работ оказывается весьма полезен при изучении нефтегазоносности толщ, а получаемые при этом нетривиальные сведения, в свою очередь, обогащают угольную геологию [5].

При ограниченности инвариантов локализации горизонтов с повышенной угленасыщенностью, играющих роль «стабилизатора» седиментационных процессов [5], спектр конкретно-практических результатов весьма обширен. К примеру, для кабактинского типа, помимо обозначенного в статье [3], практический результат заключается в расшифровке самого дельтового механизма заполнения седиментационных ванн, что присуще васюганскому горизонту юго-востока Западной Сибири и возможно – ачимовскому комплексу. Исходя же из представлений о *скольжении* горизонтов с повышенной угленасыщенностью, предложим общую схему к вопросу о возможности обнаружения новых объектов с мощными угольными пластами (МУП) в Южно-Якутском бассейне (рис. 2). Актуальность данной проблемы для Южно-Якутского угольного комплекса очевидна.



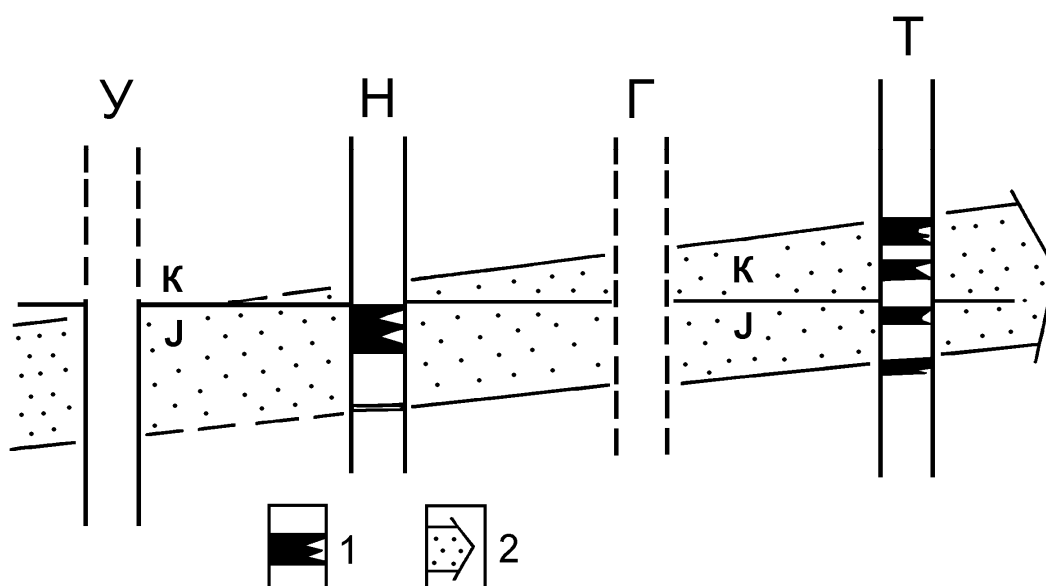


Рис. 2. Модель, соответствующая скольжению горизонта с мощным угленакоплением в Южно-Якутском бассейне:

1 – угольные пласты повышенной мощности (4-5 метров и более); 2 – омоложение горизонта с мощными угольными пластами (МУП);

У – «Унгринский минимум»; Н – Нерюнгринское месторождение; Г – Гонамский район; Т – Токинский район

Из приведенных на рис. 2 сведений достоверными являются сведения по Нерюнгринскому месторождению и Токинскому району (Эльгинское месторождение), что показано сплошными вертикальными линиями колонок и положением конкретных МУП. На территории к западу от Нерюнгринского месторождения вполне *возможно* наличие угольных пластов повышенной мощности, но при соблюдении определенных критериев локализации, перечисленных нами ровно 30 лет назад [1]. При этом стратиграфический уровень их локализации не обязательно должен соответствовать пласту Мощному Нерюнгринского месторождения: это может быть уровень Пятиметрового и Неожиданного пластов средней и нижней части нерюнгринской свиты. Достаточно перспективными на обнаружение МУП являются и крупные блоки Гонамского района. В целом, учитывая, что геологии не «закладывали» месторождения – они их только ищут – вероятность обнаружения участков с повышенной угленасыщенностью (т. е. пластами угля мощностью более 5 м) в западной части АЧУРа мы считаем весьма высокой, но «прямых» аналогов пласта Мощного Нерюнгринского месторождения – исчезающе малой.

#### Литература

1. Алексеев В.П. Критерии прогнозирования мощных угольных залежей в Южно-Якутском бассейне // Разв. и охрана недр. 1977. № 5. С. 23-27.
2. Алексеев В.П. Локализация мощного торфо(угле)накопления в ракурсе седиментологических представлений // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. Вып. 16. С. 48-64.
3. Алексеев В.П., Печинина Е.Б., Никоян В.В., Рефат С.М. Уникальная схожесть двух продуктивных горизонтов Улугхемского и Южно-Якутского каменноугольных бассейнов // Известия УГГГА. Сер. Геол. и геоф. 2002. № 15. С. 130-136.
4. Внутриконтинентальные раннемезозойские угленосные формации СССР: Препринт. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 70 с.

5. Угленасыщенность, петрографический состав и метаморфизм углей тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) / В.П. Алексеев, В.И. Русский, Ю.Н. Федоров и др. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 158 с.

6. Угольная база России. М.: ЗАО «Геоинформмарк» - ООО «Геоинформцентр». Т. II, 2003. 604 с.; Т. III, 2002. 488 с.; Т. IV, 2001. 493 с.; Т. V, кн. 2, 1999. 638 с.

7. Угольные пласты триас-юрских отложений азиатской части СНГ: Препринт. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 80 с.

8. Южноякутская угленосная формация. Л.: Недра, 1981. 191 с.

## **ЗОЛОТО-УРАНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЬКОНСКОГО ГОРСТА (Ц.АЛДАН), ТИПЫ РУД, ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ**

Бойцов В.Е., профессор, Пилипенко Г.Н., профессор,  
Российский государственный геологоразведочный университет, г. Москва  
Bobkov-ai@tochka.ru

В настоящее время в мире наметился поворот к более широкому использованию атомной энергетики как альтернативы углеводородному топливу. В Китае к 2020 г. планируется увеличить атомные энергетические мощности в 6 раз, в Индии – в 10 раз. В США принято решение широко использовать АЭС не только для производства электроэнергии и тепла, но и для получения нового двигательного водородного топлива, призванного заменить традиционные виды моторного горючего, основанные на углеводородном сырье. В России принято решение к 2020 г. удвоить мощности АЭС. Если сейчас Россия, добывая из недр 3,3 тыс. т урана в год и обеспечивая им лишь 20 % своих современных потребностей, то по данным ТВЭЛ, к 2020 г. необходимо увеличить производство урана более чем в 3 раза. Для этого уже к 2010 г. надо обеспечить реализацию проекта освоения Эльконского уранорудного района, содержащего более 80 % резервных запасов урана России. Без освоения месторождений этого района приступить к выполнению этой важной государственной задачи невозможно. При этом новым благоприятным обстоятельством является недавнее завершение строительства проходящей вблизи месторождений этого района железной дороги Нерюнгри – Алдан – Томмот.

Нам довелось принимать непосредственное участие в проведении в этом районе основных геологоразведочных работ, осуществлявшихся с 1962 до 1985 г. г. и частично – до 1991 г. При этом наши работы в районе практически непрерывно продолжаются до настоящего времени. Поэтому представляется целесообразным проанализировать результаты проведенных на Эльконском горсте работ и выявить вопросы, являющиеся актуальными в связи с предстоящим освоением месторождений этого района. О масштабах осуществленных на Эльконском горсте геологоразведочных работ свидетельствуют данные об их объемах. В указанный период там было проведено более 60 пог. км подземных горных выработок (около 20 штолен, 4 шахтных ствола с многочисленными горизонтальными выработками), 1,3 млн. м<sup>3</sup> канав, более 1 млн. пог. м скважин глубиной до 2 км. В результате этих работ было открыто уникальное золото-урановое и молибденовое оруденение, выявленное в более 100 рудоносных зонах общей прослеженной длиной около 500 п. км.

Выявленное на Эльконском горсте оруденение относится к четырем геолого-промышленным типам. Основное значение имеет золото-содержащее урановое – браннеритовое оруденение Эльконского типа. Оно присутствует в большинстве зон и в том числе в 15 из 19 разведанных на Эльконском горсте месторождениях, залегающих в 11 зонах. Протяженность разведанного золотого и уранового оруденения этих зон составляет 47 пог.

км. В крупнейшей рудной зоне Южной разведанная протяженность непрерывного золотосодержащего уранового оруденения составляет около 20 пог. км. В ней выделено 5 ее отрезков – разведанных месторождений. В юго-восточной части зоны на месторождении Дружное присутствует золото-молибден-урановое оруденение, а на ее юго-восточном продолжении выявлено крупное Минеевское месторождение, относящееся к особому молибденовому типу. Содержание урана и золота на нем низкие, и при подсчете запасов молибдена они не учитывались. Третий тип оруденения выявлен в локальном участке северо-западной части горста в двух зонах и соответствующих месторождениях. В зоне Интересная и соседней зоне присутствует особый золото-содержащий уранинитовый состав руд. Эти руды характеризуются несколько более высокими средними содержаниями урана (0,3 – 0,4 %) и большей радиометрической контрастностью руд, но содержат незначительные запасы урана и золота и залегают в маломощных телах в неблагоприятной наиболее высокогорной части горста. Последний четвертый тип оруденения Эльконского горста выявлен тоже в западной его части на площади развития мезозойских интрузий и отличается от основного – Эльконского типа повышенными содержаниями золота до 3 – 10 г/т и серебра до 20 – 40 г/т. Руды этого типа пока выявлены в четырех зонах, в одной из которых – в зоне Федоровской – разведано месторождение Лунное. Комплексное оруденение этих зон в отличие от остальных при разведке оконтуривалось по бортовому содержанию золота более 1 г/т. При этом обычное для основных зон горста урановое оруденение было исходно также представлено браннеритом и локализовано полностью внутри более мощного контура золотого оруденения. Хотя последний - Федоровский тип оруденения благодаря повышенным содержаниям золота и серебра является экономически предпочтительным, но его доля в разведанных на Эльконском горсте запасах урана и золота является резко подчиненной (менее 5%). Поэтому основные сырьевые ресурсы урана и золота на Эльконском горсте связаны с золото-браннеритовым Эльконским типом оруденения.

Для геолого-экономической оценки оруденения большое значение имеют минералогическо-технологические особенности руд. Эти особенности определяются минералогическими формами нахождения в них основного компонента руд – урана и попутного – золота, а также общим химическим составом руд.

Наши многолетние исследования, осуществляемые в процессе проводившихся на Эльконском горсте ГРР в качестве кураторов работ по золоту, показали, что основная золотоносность зон этого типа связана с присутствием субмикроскопического золота в тонкозернистом метасоматическом пирите-мельниковите. Этот пирит входит в состав слагающих мощные рудоносные зоны пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, отчетливо контролируемых локализованных внутри них кулисообразных серий собственно-уранорудных браннеритовых швов. Многочисленные исследования аншлифов, анализы на золото отобранных под микроскопом мономинеральных концентратов и данные многочисленных (более 30) фазовых (рациональных) анализов золота, показали, что в рудах этого типа доля высвобождающегося при дроблении 0,074 мм золота составляет в среднем около 5 %. Доля цианируемого золота, находящегося в сростках с другими минералами, - до 30 %. Основная же часть золота (в среднем 65 %, до 90 %) является тонкодисперсной, включенной в метасоматический золотоносный пирит-мельниковит. Содержание золота в этом пирите (в пересчете на чистый пирит) составляет от 60 до 100 г/т.

Вышеназванные золотоносные метасоматиты, известные в литературе как гумбеиты, на самом деле следует отнести к особому типу метасоматитов, названному эльконитами, которые в основном слагают товарные золото-урановые руды Эльконского горста, определяя их общий химический состав. В отличие от гумбеитов, сопровождающих кварц-шеелитовую минерализацию, при образовании этих метасоматитов по вмещающим зоны породам,

которые на Эльконском горсте в основном имеют гранито-гнейсовый состав, полностью замещается кварц. В зависимости от состава и количества темноцветных минералов в замещаемых породах эти метасоматиты, а следовательно и товарные золото-урановые руды этого типа состоят из калишпата (40 – 60 %), карбонатов (25 – 40 %) и пиритов (5 – 15 %), в том числе золотоносного мельниковита, образуемого преимущественно по темноцветным минералам исходных пород. Описанные метасоматиты контролируют все многочисленные зоны с основным золото-браннеритовым оруденением Эльконского горста.

В связи с уникальными масштабами контролируемых зонами эльконитов золото-урановых месторождений Эльконского горста наличие в других районах именно этих метасоматитов является важным фактором прогнозирования выявления в этих районах подобного оруденения. При этом важным является правильное отнесение выявленных в новых районах метасоматитов к типу эльконитов, а не гумбеитов.

В крупной важной статье А. В. Молчанова, С. Г. Мишенина и др. (Сб. «Урановой геологии 60 лет», Москва, 2005 г) «Перспективы промышленной ураноносности выступов древнего основания Сибирской платформы и ее ближайшего обрамления ...» о наличии в разных частях региона метасоматитов, называемых авторами гумбеитами, упоминается более 40 раз. При этом очевидным является то, что авторы имеют в виду метасоматиты аналогичные эльконитам.

Исходный браннеритовый состав урановой минерализации Эльконского горста требует для вскрытия урана использовать сернокислотное разложение (браннерит плохо разлагается содовыми растворами). В свою очередь указанное повышенное содержание в рудах карбонатов вызывает дополнительный расход кислоты. И действительно, проведенные в 70 – 80-ые годы и позже многочисленные технологические испытания золото-урановых руд этого типа показали, что для необходимого извлечения из них более 90 % урана требуется расход кислоты до 30 – 40 % от веса руды. Это явилось основанием для сделанного в 80-е годы заключения об отнесении месторождений Эльконского горста в разряд резервных. Однако уже в те годы, проводя многочисленные опыты по золото-сульфидной флотации руд, нами было обращено внимание на то, что при выходах концентратов 10 – 15 % в них возрастают содержания серы и золота в среднем в 4 раза, серебра – в 3 раза, углекислоты – в 2 раза, и, что не менее важно, - урана в среднем до 20 %. Последний факт требует глубокого анализа. Он доказывает, что вместе с сульфидами в концентрат флотируется близкий по флотационным свойствам урановый минерал – первичный черный, смолистый браннерит. Однако всеми предшествующими исследованиями было показано, что в неокисленных рудах основных зон района (Южной, Северной и др.) черный смолистый браннерит присутствует весьма ограниченно. Его настолько трудно выделить, что за все годы изучения руд района получить первичный браннерит в количестве нескольких граммов, необходимых для проведения его химического анализа, оказалось невозможным. Были проведены единичные анализы его агрегатов, загрязненных  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , Ca, Mg, т.е. с включениями других минералов. Дело в том, что основная урановая минерализация в этих первичных рудах, присутствует в т. н. палевых микробрекчиях, сложенных в основном эндогенно разложенным браннеритом. Ныне, как было показано А. К. Мигутой и др., палевые брекчии состоят из тонкого агрегата оксидов титана и урана, коффинита, урановых слюдок и др. Обычно лишь ограниченная часть урана находится в этих наиболее распространенных рудах в виде первичного браннерита, который является трудно растворимым и требует для своего разложения высокого расхода кислоты.

Известен и другой важный факт, связанный с анализом динамики хода выщелачивания урана из руд района. Сначала эти руды легко вскрываются без существенного расхода кислоты. Но вышеуказанные высокие расходы кислоты (до 30 – 40

%) требуются, чтобы довести выщелачивание урана с 80 – 85 % до 90 – 95 %. Эти данные тоже свидетельствуют в пользу того, что основная часть урана в рудах, сложенных палевыми брекчиями с эндогенно разложенным браннеритом, легко вскрывается, а та подчиненная часть урана, которая присутствует в сохранившемся первичном черном браннерите, требует для своего разложения большого расхода кислоты.

Сопоставляя эти данные с результатами сульфидной флотации руд можно достаточно обоснованно предположить, что в сульфидный концентрат выделяется этот первичный упорный для разложения браннерит. Тогда в хвостах сульфидной флотации, представляющих основной объем урановых руд (85 %) количество этого первичного браннерита, извлеченного во флотоконцентрат, должно резко сократиться. В то же время в золото-уран-сульфидном флотоконцентрате, получаемом при проведении флотации руд в начале процесса их переработки, количество сульфидной серы является более чем достаточным для автоклавного процесса переработки этого концентрата с вскрытием и переводом в образующийся сернокислый раствор урана, золота и серебра с последующим их сорбционным выделением из растворов. При этом можно ожидать, что расход серной кислоты при переработке хвостов флотации, представляющих основной объем урановых руд (~ 85 %) за счет изъятия в сульфидный концентрат черного первичного браннерита существенно снизится, вероятно, до 15 – 20 %. Это будет иметь большое экономическое значение.

Нам в 2006 г на зоне Невской, характеризующейся черными рудами с наименьшей долей палевых брекчий с эндогенно разложенным браннеритом, удалось найти относительно крупные зерна первичного черного смолистого браннерита. Диагностика этого браннерита подтверждена Д. Криновым (ВНИИХТ). Сейчас этот минерал изучается нами на микрозонде. Нами также проведено изучение палевого агрегата эндогенно-разложенного браннерита на микрозонде Comesa с фиксацией распределения в сложенной им руде титана, урана и кремнезема. Эти данные микрозондового анализа показали, что при разложении зёрен первичного браннерита титан практически остаётся на месте, фиксируя конфигурацию зерен этого браннерита. Распределение же урана совершенно изменилось: он оказался рассеянным по всему материалу палевобрекчиевой руды. Исходная его приуроченность к бывшим зернам браннерита фиксируется с трудом. Кремнезем, связанный с загрязняющими руду включениями силикатных минералов, распределяется не закономерно. Эти данные тоже свидетельствуют, что при эндогенном разложении браннерита под воздействием последующих стадий минерализации уран в руде перераспределяется, рассеивается в пределах рудных швов и, очевидно, становится более легко вскрываемым при выщелачивании.

Приведенные данные свидетельствуют о целесообразности проведения минералоготехнологического картирования руд района. При этом резкое различие в количестве первичного упорного для разложения браннерита может наблюдаться не только в отдельных крупных месторождениях Эльконского горста, но и в пределах слагающих их протяженных рудных тел. Можно ожидать выделение значительных объектов, которые будут резко различаться по экономическим показателям себестоимости продукции.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант гр. 05-05-64041).*

**К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ**

Бычев Р.М., к.т.н., с.н.с.,

Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск, igds@mail.ru

Теплота (энтальпия) образования различных веществ является фундаментальной термодинамической характеристикой. Термодинамические условия образования твердых горючих ископаемых в недрах Земли, в частности теплота образования и теплота, затрачиваемая на процесс метаморфизма, состав и структура находятся в тесной взаимосвязи, однако степень изученности этих параметров различна.

Теплота образования углей, теплота, затраченная на метаморфизм, характер тепловых процессов при углефикации (эндо- или экзотермичность) твердых горючих ископаемых не рассчитаны и не установлены. Соответственно не определены термодинамические свойства углей, исключая теплоту сгорания.

Постановка этой работы обусловлена необходимостью дальнейшего всестороннего познания термодинамических условий образования углей разной стадии метаморфизма.

Актуальность работы заключается в том, что комплексное изучение термодинамических свойств, состава и структуры различных видов твердых топлив позволяет установить необходимый характер воздействий (различных видов полей и реагентов), под влиянием которых бурые и каменные угли, торф, древесина могут быть эффективно трансформированы в продукты переработки. Например, теплота образования веществ равна теплоте их разложения (1-й закон Гесса). Этот закон важен для определения затрат тепла при различных термодеструктивных процессах.

Актуальным является также вопрос классификации углей. Существующая классификация углей (ГОСТ-25543-88) не является вполне удовлетворительной. Она базируется на 4-х параметрах:  $R_o$  – отражательная способность витринита (%),  $\Sigma OK$  - сумма отошающих компонентов,  $V^{daf}$  - выход летучих веществ на сухую беззольную массу и "у" - толщина пластического слоя.

Показатель отражения витринита  $R_o$  является общепринятым показателем, не только в России (ГОСТ 25543-88), но и во всем мире. Однако, угли мало- и среднеметаморфизованные он дифференцирует не эффективно, что можно проиллюстрировать гистограммой (рис. 1).

Из гистограммы видно, что при значениях  $R_o$  от 0,5 до 0,7 угли марок, т.е. для низкометаморфизованных углей Д, ДГ, Г и большая часть ГЖО и ГЖ не дифференцируются.

Интервал показателя отражения витринита 0,8-0,9 характерен для 4-х марок: Г, ГЖО, ГЖ, Ж. Из этих данных следует, что показатель  $R_o$  для дифференциации мало- и среднеметаморфизованных углей не эффективен.

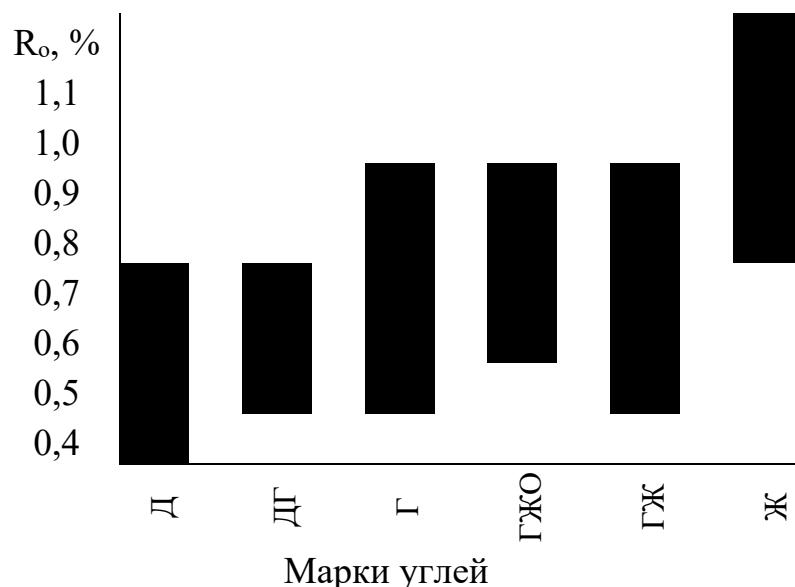


Рис.1. Значения R<sub>o</sub> для углей низкой и средней стадии метаморфизма

Следующий (второй) показатель ГОСТ-25543-88  $\Sigma$ ОК (сумма отоженных компонентов) имеет только два значения:  $\leq 40$  и  $> 40$ . Этот показатель имеет большое познавательное значение при изучении природы происхождения углей, но особого практического значения не имеет ни для энергетики (важны термодинамические показатели, в частности - теплота сгорания топлива), ни для коксохимического производства (в этом случае важны показатели спекаемости). При этом следует отметить, что для углей с высокой спекаемостью (группы 1Г, ГЖ, 2ГЖ, 1Ж, 2Ж, КЖ) показатель  $\Sigma$ ОК в ГОСТ-25543-88 вообще не фигурирует, а для марок ДГ, ГЖО, КСН и подгрупп 1К, 2К, 1КО, 2КО, 1КС, 2ОС он существует, но значения "у" в них одинаковы.

Эти предпосылки, а также тот факт, что термодинамические параметры являются важнейшими фундаментальными характеристиками для всех существующих веществ, послужили обоснованием необходимости совершенствования классификации углей.

Для проведения исследований были использованы данные более, чем 500 проб углей 4-х основных угольных бассейнов России (Кузнецкого, Тунгусского, Печорского, о. Сахалин и различных месторождений бурых углей).

Для углей каждого из бассейнов были подсчитаны средние значения различных показателей и построены графики, иллюстрирующие взаимосвязь этих показателей (рис. 2, 3).

На рис. 2 для ряда бурые угли - каменные угли - антрациты представлена зависимость теплоты образования от показателя отражения витринита, который характеризует структуру углей, в частности, витринита и содержания углерода. Эти зависимости описываются следующими уравнениями

$$y = 1667,5x^{-0,9312} \quad (R = 0,926)$$

$$y = 1383,8\ln(x) + 4780,9 \quad (R = 0,920)$$

На рис. 3 для ряда древесина - торф - бурые угли - каменные угли - антрациты показана зависимость теплоты метаморфизма от R<sub>o</sub> и C<sub>мас</sub>. Кривые (рис.3) описываются следующими уравнениями

$$y = -0,7338x^2 - 33,741x + 10103 \quad (R = 0,987)$$

$$y = 0,7338x^2 + 33,741x - 3502,9 \quad (R = 0,987)$$

Таким образом, показатели, характеризующие структуру (R<sub>o</sub>) и состав (C<sub>мас</sub>) углей, достаточно тесно взаимосвязаны с термодинамическими показателями (теплота образования и

метаморфизма), которые, являясь фундаментальными характеристиками, могут быть применимы для классификации углей.

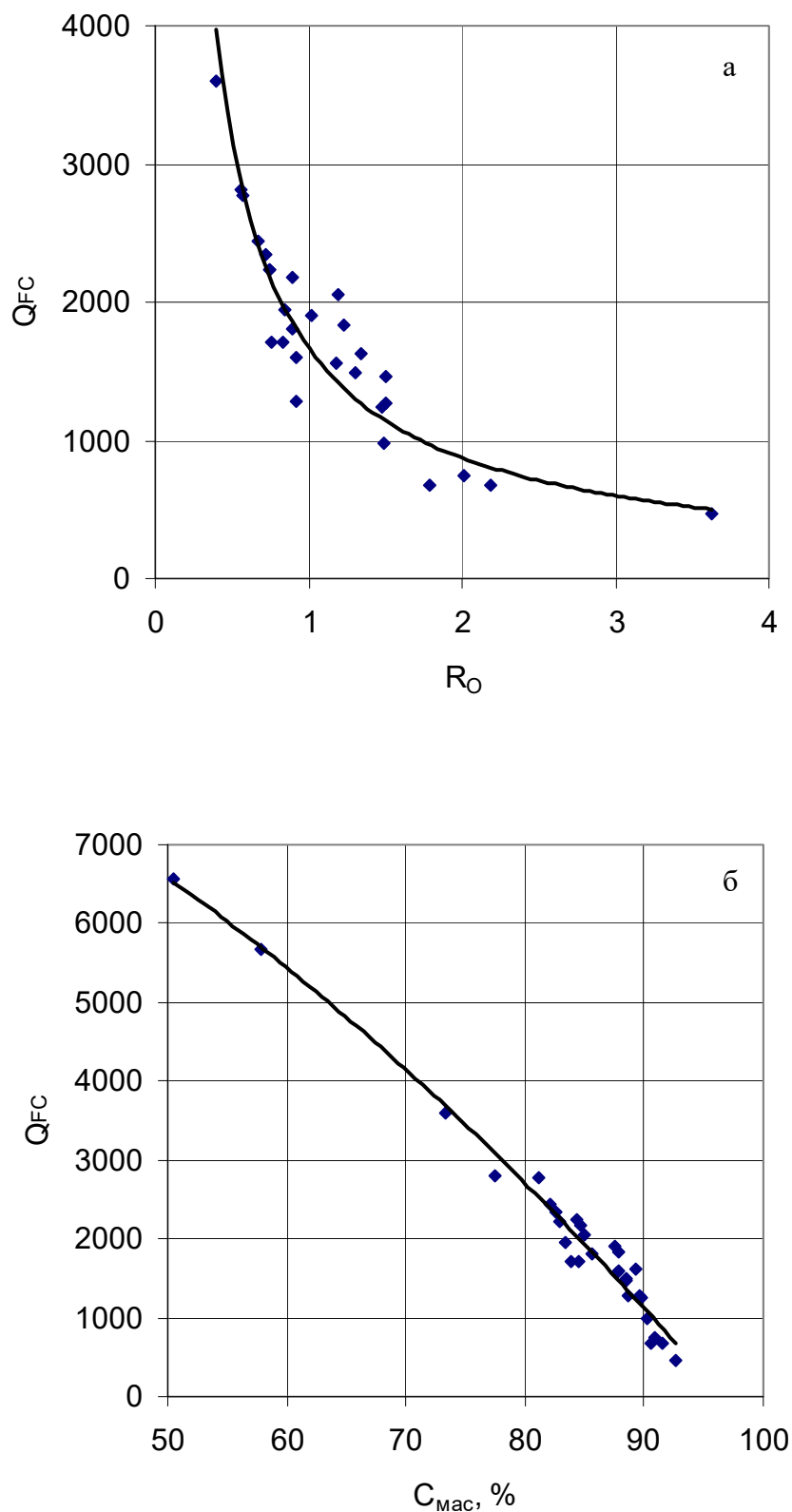


Рис. 2. Зависимость теплоты образования от показателя отражения витринита (а) и содержания углерода в массовых долях (б) для ряда бурые угли - каменные угли - антрациты



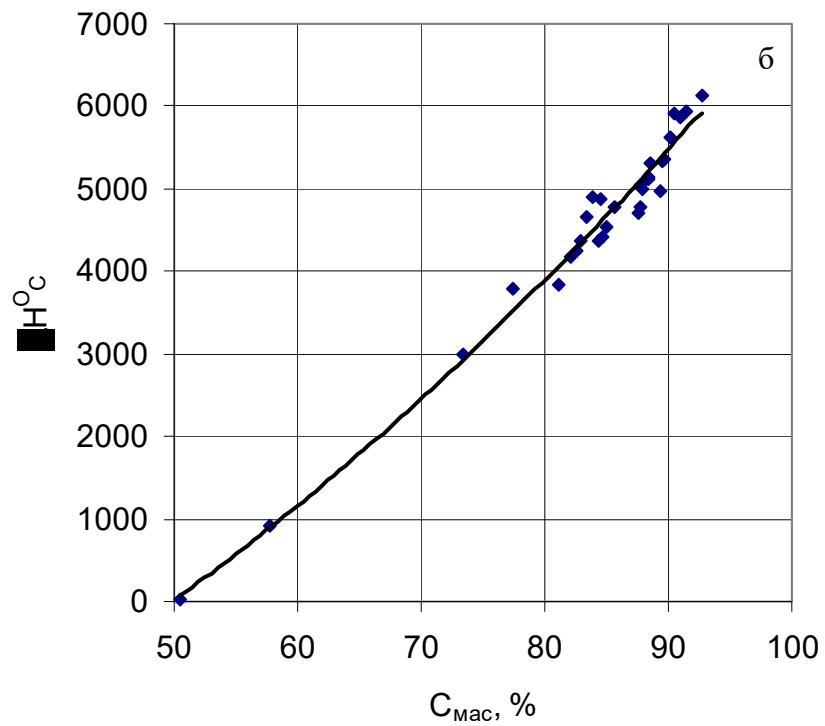
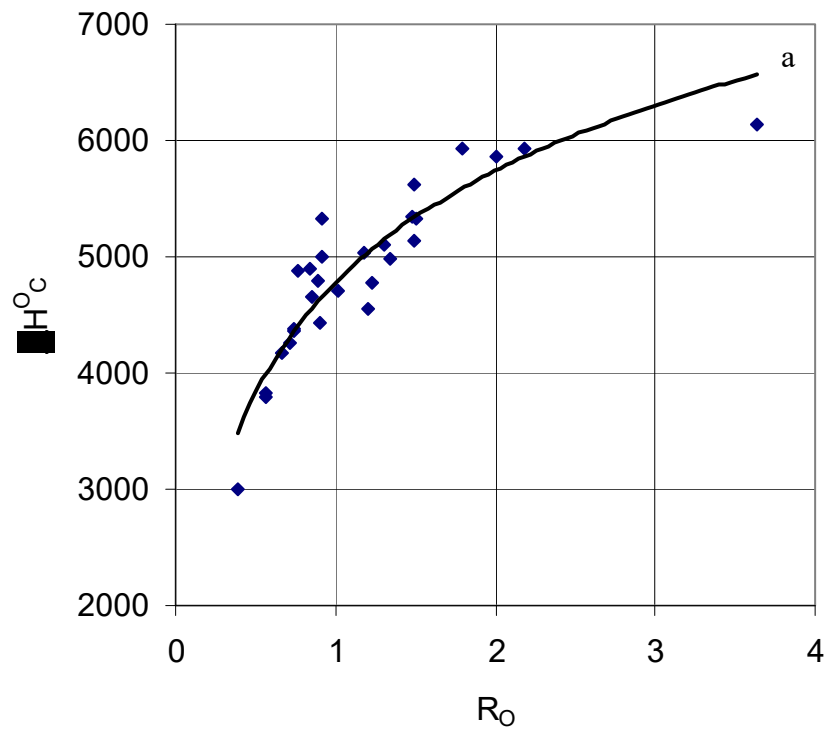


Рис. 3. Зависимость теплоты метаморфизма от показателя отражения витринита (а) и содержания углерода в массовых долях (б) для ряда древесина - торф - бурые угли - каменные угли - антрациты

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Десяткин А.С., Черников А.Г.,  
 ОАО «Промгаз», г. Москва, A.Dersyatkin@promgaz.ru

Угольный пласт представляет собой трещиновато-пористое тело. Размеры пустот колеблются от нескольких ангстрем до миллиметров. С порово-трещинным пространством пласта связано основное количество свободного и сорбированного метана, образовавшегося в процессе метаморфизма. Для определения петрофизических параметров угольных пластов использовался геолого-геофизический подход разработанный школой Гречухина.

Согласно этому подходу физические свойства угленосных пород изменяются под влиянием двух групп факторов. Первичная - генетическая группа, связана с вещественным и гранулометрическим составами, фациальной принадлежностью, типом и составом цемента, органическими примесями и другими причинами. Вторичная группа – процессы преобразования, обусловлена давлением и температурой. С изменением степени метаморфизма меняются физические свойства пород: пористость, плотность, скорость распространения упругих волн, удельное электрическое сопротивление и др.

Изменение петрофизических параметров Кузнецкого угольного бассейна - пористости и плотности в зависимости от степени метаморфизма и палеоглубины представлены на рисунке 1. На рисунке по оси абсцисс отложена максимальная палеоглубина погружения пород и углей  $H_{max}$ , стадия метаморфизма и её мощность, по оси ординат – основные литотипы. Шифром кривых являются петрофизические свойства углей и углевмещающих пород. Как мы видим на рисунке для углей и вмещающих пород наблюдается однонаправленное изменение пористости. Коэффициент пористости интересующих нас углей марок Г и Ж изменяется от 4 до 15 %. Уменьшение пористости происходит в результате погружения пород и перекрытия их другими отложениями. Для плотности в пределах одной стадии эпигенеза, такая одно направленность не очевидна. Это объясняется преобладанием влияния вещественного состава в формировании плотности углей.

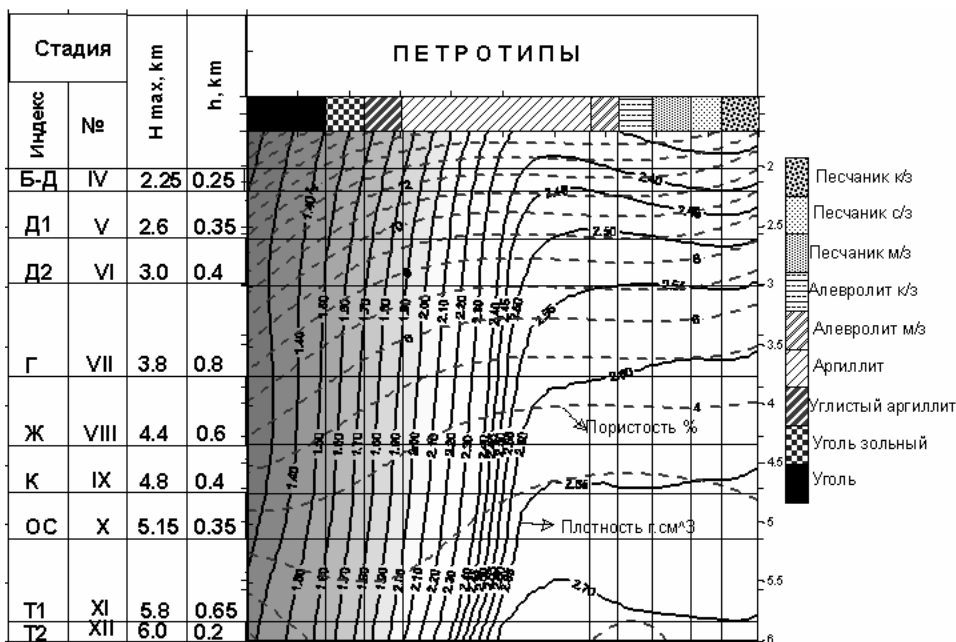


Рис. 1. Петрофизический разрез Кузнецкого бассейна

Образование углей и вмещающих пород и последующие их преобразования происходят в одинаковых термобарических условиях и под влиянием одних и тех же факторов. Это обуславливает парагенетические связи между углями и вмещающими породами и тесные корреляционные зависимости между различными физическими свойствами алевролитов, аргиллитов, песчаников, глин и других пород. Со стадиями преобразования вмещающих пород совпадают и стадии метаморфизма углей. Последнее обстоятельство обуславливает тесные корреляционные связи различных свойств углей и вмещающих пород.

Задача определения коэффициента пористости угленосных пород с помощью комплекса геофизических исследований в угольной геофизике решена достаточно надежно и с хорошей степенью достоверности. Для определения можно использовать полный комплекс геофизических методов: электрометрия, радиометрия (гамма-метод, гамма-гамма плотностной), акустический метод и др.

Согласно в угольной геологии используется общая пористость  $K_n$ , которая в большинстве случаев вычисляется по данным минералогической плотности  $\rho_M$ , объемной плотности абсолютно сухой породы  $\rho_C$  и водонасыщенной  $\rho_V$  по формуле:

$$K_n = \frac{\rho_M - \rho_C}{\rho_V} \cdot 100\% \quad (1)$$

На первом этапе получения  $K_n$  рассчитываются значения пористости для песчано – алевроито-глинистых осадков, залегающих вблизи исследуемого угольного пласта (рис. 2).

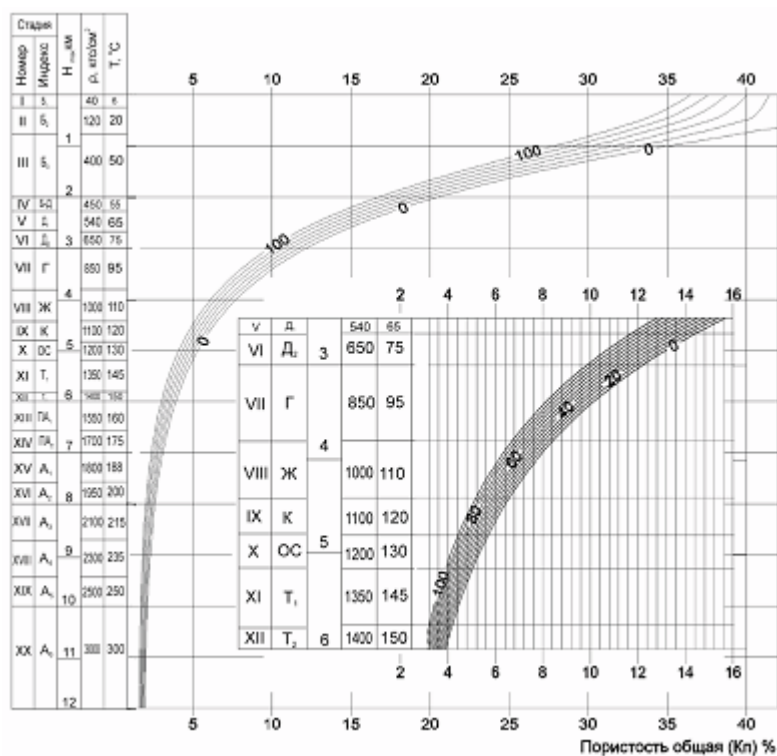


Рис. 2. Изменение  $K_n$  углистых пород на разных стадиях метаморфизма  
Шифр кривых: Содержание минеральных примесей в %

При определении пористости по геофизическим данным используют зависимости, полученные по материалам методов радиометрии и акустики:

$$K_n^{AK} = 0,187\Delta T - 37,4(\%)$$

$$K_n^{неім} = 92,912\left(\frac{J_{HM}}{J_{HB}}\right) - 32,422(\%) \quad (2)$$

Затем с учётом зольности по установленным парагенетическим связям рассчитывается общая пористость не нарушенного угольного пласта. Зольность определяется составом и количеством минеральных примесей, которые в свою очередь является показателем степени метаморфизма. С увеличением зольности углей и углистых пород монотонно уменьшается их пористость и увеличивается плотность. Связь минералогической плотности угля  $\square_{м.у}$  и его зольность  $A^d$  приближенно описывается формулой Фермора:

$$\delta_{м.у} = \delta_{м.о} + KA^d, \quad (3)$$

где  $\square_{м.у}$  и  $\square_{м.о}$  – минералогическая плотность соответственно зольного и беззольного (органической массы) угля;  $A^d$  – зольность сухого угля;  $K$  – коэффициент, для разных углей изменяющийся от 0,008 до 0,012.

При описании связи пористости, зольности и плотности пользуются компонентной формулой:

$$\delta_{м.у} = C_{ГЛ} \cdot \delta_{ГЛ} + C_{ОРГ} \cdot \delta_{ОРГ} + K_n \quad (4)$$

или

$$\delta_{м.у} = A^d \cdot (\delta_{ГЛ} + \delta_{ОРГ}) + K_n, \quad (5)$$

где  $\square_{ГЛ}$  и  $\square_{ОРГ}$  – плотность глинистой и органической составляющей углей.

На рисунке 3 представлена зависимость пористости углей различной зольности с пористостью вмещающих пород.

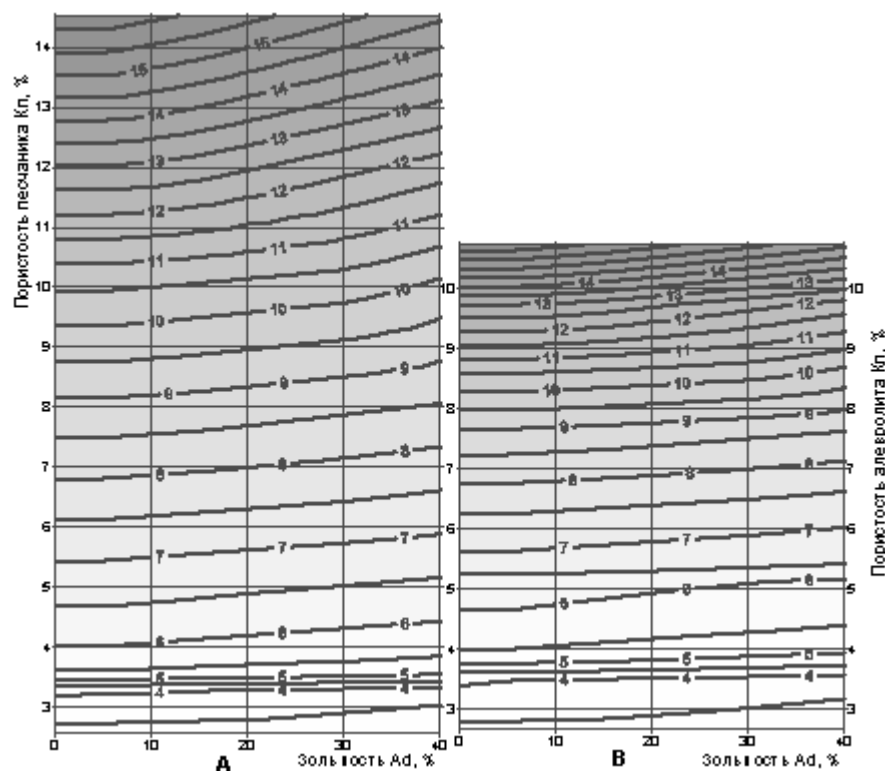


Рис. 3. Связь пористости углей различной зольности с пористостью вмещающих пород  
 А – песчаники на глинистом цементе; В – глинистые алевролиты. Шифр кривых – пористость углей

Как указывалось в начале объективными и однозначными показателями степени метаморфизма углей и эпигенеза вмещающих пород являются их физические свойства: пористость, плотность, скорость распространения упругих волн, электрическое удельное сопротивление и др. Эти свойства являются более общей характеристикой, чем отражательная способность углей. Выход летучих веществ  $V^{daf}$  из углей сложного петрографического состава не является надёжным показателем степени метаморфизма, хотя как и зольность зависит от количества и состава минеральных примесей, а так же от степени восстановленности угля.

Учитывая качественные показатели углей ( $A^d$ ,  $V^{daf}$ ) различной степени метаморфизма с физическими свойствами вмещающих пород можно дать оценку коэффициента пористости ненарушенного угольного пласта (рис. 4).

В связи с тем, что структура порового пространства углей имеет сложное строение, а именно сорбционный объём углей представлен микропорами, диаметр в которых соизмерим с радиусом молекулы метана, а так же ненарушенный уголь имеет низкую проницаемость, то при определении фильтрационно-ёмкостных свойств угленосных пород, необходимо учитывать коэффициент трещиноватости  $K_{тр}$ , обусловленный наличием сети природных экзогенных и эндогенных трещин, а также нарушением, проявившейся в результате техногенного воздействия.

Интегральным индикатором трещиноватости и нарушения угленосного разреза является образование и рост кавернозности стенок скважин в процессе бурения. Методика использования данных кавернометрии для оценки прочностных свойств пород изложена в руководстве.

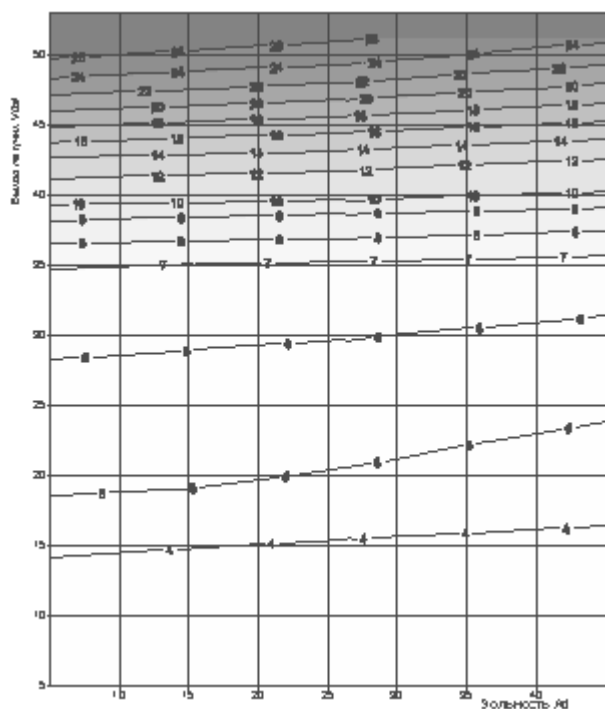


Рис. 4. Корреляционная связь зольности и выхода летучих с пористостью угольного пласта  
Шифр кривых – общая пористость

Общая пористость состоит из сумм пористости структуры порового пространства углей или как ещё называется генетической пористости и пористости, обусловленной нарушением различного происхождения  $K_{нтр}$ . Таким образом определив общую пористость

и получив значение нарушенности можно дать оценку объёма трещинной пористости. (Рис. 5)

При изучении фильтрационно-ёмкостных свойств углей важным параметром является проницаемость. Проницаемость выводится из закона Дарси для однородной жидкости:

$$Q = S \cdot \frac{K_{np}}{\mu} \cdot \frac{\Delta(P + gh\rho)}{l}, \quad (6)$$

где  $S$  - площадь поперечного сечения образца,  $m^2$ ;  $P$  - давление, оказываемое на свободную поверхность жидкости, т.е. пропорционален давлению  $\Delta P = (P + gh\rho)$ , вызывающему фильтрацию жидкости сквозь пористую среду на пути длиной  $l$ , Па;  $\mu$  - вязкость жидкости, Па\*с.

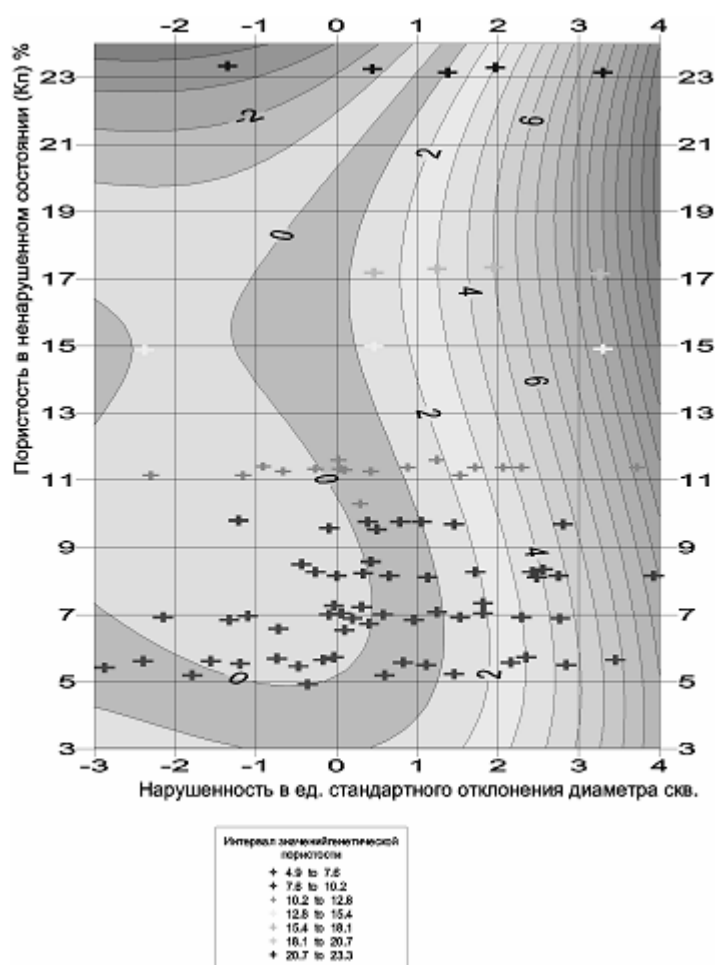


Рис. 5. Связь значений трещинной пористости углей и углистых пород с изменением приведенных значений диаметра скважины

Шифр кривых – трещинная пористость  $K_{nTP}$  %

Связь основных фильтрационно-ёмкостных свойств пористой среды, и в частности пористости и проницаемости можно выразить через уравнение Козени:

$$K_{np} = \frac{K_n^3 \cdot 10^8}{2T^2 S_{y\partial} (1 - K_n)^2}, \quad (7)$$

где  $T$  – безразмерный коэффициент извилистости;  $S_{y\partial}$  – удельная поверхность.

В настоящее время отсутствует научно обоснованная, экспериментально подтвержденная и документально оформленная методика оценки проницаемости угольных

пластов геофизическими или другими непрямыми (косвенными) методами. Состояние проблемы усугубляется тем фактом, что отсутствует статистически репрезентативная база данных по проницаемости углей. Поэтому задача определения проницаемости угольных пластов была решена с помощью геолого-геофизического подхода. Основным способом оценки  $K_{np}$  являются гидродинамические испытания в скважинах.

В практике горного производства широкое распространение получил другой параметр – коэффициент фильтрации ( $K\phi$ ). Практически он представляет собой скорость фильтрации газа или жидкости через породы:

$$K_{\phi} = \frac{Q}{t \cdot S} \quad (8)$$

где:  $Q$  – количество жидкости прошедшее через образец (породы, угля);  $t$  – время фильтрации,  $S$  – площадь поперечного сечения образца.

Исследования коэффициента фильтрации (табл. 1) проводились на 100 шахтопластах, включающим пласты всех марок из которых 46 имели уголь марки Ж, 12 пластов – Г, 12 пластов – К и КЖ, 8 пластов - ОС, 7 пластов – Т, 13 пластов – А и ПА и 2 пласта Д.

Таблица 1

**Пределы изменения коэффициента фильтрации для различных марок угля, м/мин**

Марка угля	Д	Г	Ж	К	ОС	Т	А
$K_{\phi} \cdot 10^5$	4,24	3,50	13,70	3,50	3,27	3,40	9,7
$K_{\phi} \cdot 10^5$	3,12	0,20	0,26	0,80	0,26	0,30	0,13
$K_{\phi, cp} \cdot 10^5$	3,68	1,45	2,45	1,54	1,3	1,63	1,74

Коэффициент фильтрации не учитывает влияние напора пластовых вод и их вязкости на изменение количества фильтрующейся воды. Сравнение  $K\phi$  и  $K_{np}$  показывает, что между ними в случае фильтрации воды существует следующее соотношение:  $1 \text{ Д} = 1 \text{ см/с} = 864 \text{ м/сут.}$

Основные геологические параметры углей определяющие величину  $K\phi$  является степень метаморфизма, которая выражается через величину выхода летучих  $V^{daf}$  и зольности  $A^d$ . Так же существенное влияние на величину  $K\phi$  оказывает нарушенность и расстояние от дневной поверхности.

Выполненный расчет значений коэффициента фильтрации, определенный для ненарушенных угольных пластов различной зольности (значения пористости углей соответствующие доинверсионному состоянию), позволяет давать оценку параметров угольных пластов по имеющимся исходным данным. В рассчитанные значения  $K\phi$  и  $K_{np}$  вводятся поправки за степень нарушенности и в результате получается оценка проницаемости в необсаженном интервале пересечения пласта скважиной (рис. 6).

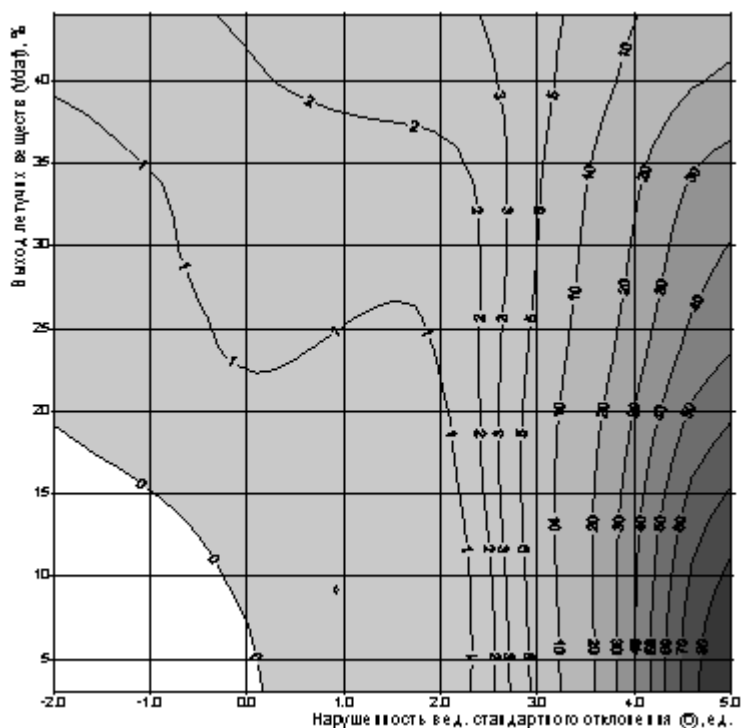


Рис. 6. Связь проницаемости угольных пластов от их значений выхода летучих и нарушенности Шифр кривых – проницаемость, мД.

В рассчитанные значения проницаемости вводятся поправки за нарушенность угольного пласта и в результате получается оценка проницаемости в необсаженном интервале пересечения пласта скважиной. Следует отметить, что полученная оценка проницаемости распространяется только на прискважинную, подверженную техногенному воздействию зону, с удалением от которой  $K_{пр}$  может принимать значения характерные для ненарушенного массива.

Как уже говорилось выше, до настоящего времени не была разработана эффективная геофизическая методика количественной оценки фильтрационно-ёмкостных свойств угольных пластов. Это было связано с тем, что угольный пласт традиционно представлялся как объект разработки и только в последние годы уголь стал рассматриваться в качестве нетрадиционного коллектора содержащего газ - метан. В рамках данной работе мы получили прогнозные значения фильтрационно-ёмкостных свойств углей: пористость, проницаемость и др., с целью использования для гидродинамического моделирования.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПЕРСПЕКТИВАХ РУДОНОСНОСТИ ОЛОНДИНСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА

Жижин В.И., Подъячев Б.П., Избеков Э.Д., Бикбаева Т.В.

Якутский государственный университет, г. Якутск, viz@sitc.ru

ЗАО «Прогноз», г. Якутск

Якутский геологический институт алмазов и благородных металлов, г. Якутск

Изучение металлогенических перспектив Олондинского зеленокаменного пояса (ЗКП) (юго-запад Якутии) связано с рудными образованиями в метасоматических и метаморфических породах образованных по телам ультраосновного и основного составов как интрузивного, так и эффузивного происхождения.



Геологическая характеристика Олондинского ЗКП с различных позиций довольно подробно изложена в многочисленных тематических геологических отчетах и следующих публикациях: [6], [12], [13], [2], [5], [11], [1], [8], [4], [7], [15], [3], [14], [16], [9], [10], и в ряде других.

В последние годы за рубежом, в связи с высокомагнезиальными коматиитами в ЗКП Австралии, Южной Африки и других регионах разрабатываются никелевые и золоторудные месторождения с комплексной добычей элементов платиновой группы. Одна из металлогенических особенностей архейских зеленокаменных поясов мира заключается в широком проявлении золоторудной минерализации с образованием мелких и крупных месторождений.

В результате литературного обзора был обоснован ряд факторов геологического контроля золоторудной и платиновометальной минерализации приуроченной к ЗКП мира и на этой основе проведено сопоставление Олондинского ЗКП.

В строении Олондинского ЗКП участвуют магматические метаморфизованные и метасоматически измененные образования эффузивного и интрузивного комплексов. Здесь наблюдаются магматические породы от ультраосновного до кислого состава, включая метабазалты, метагаббро, метаандезиты, метадиориты, метаперидотиты, риолиты и гранитоиды. Особый интерес представляют лавовые потоки коматиитов. Они имеют меньшие параметры, чем наиболее изученные Австралийские. Мощности потоков и магнезиальность коматиитовых пород здесь ниже. Это обстоятельство не позволило высоко оценивать перспективы базальт-коматиитовой формации Олондинского района на выявление крупных никелевых объектов. Перспективы этого района на благородные металлы и некоторые сопутствующие руды мы постараемся далее обосновать.

Большое значение имеют геохронологические факторы. Крупные месторождения золота в ЗКП сформированы в период 2,8-2,6 млрд. лет. Возраст перспективно рудоносных образований Олондинского ЗКП соответствует указанному интервалу.

Среди геотектонических факторов, классифицированных по типам движений, выделены: 1 - эпейрогенические конседиментационные, 2 - куполообразующие, 3 - разрывные синорогенические и 4 - эпейрогенические посторогенные. При этом наиболее существенными являются 1 и 3 типы. В пределах исследуемого района Олондинского ЗКП мы имеем в наличие 3 и 4 типы.

Структурные факторы свидетельствуют, что большинство золоторудных месторождений расположены в участках пересечения региональных зон расщепления и разломов с локальными зонами того же типа, прибортовые части зеленокаменных поясов, межпластовые срывы. Данный критерий в исследуемом районе также имеет место. По заключению А.П. Смелова [16], максимальные концентрации золота в Олондинском ЗКП приурочены к зонам хлорит-актинолитовых сланцев, образованных именно в указанных выше структурах.

Метаморфические факторы показывают, что концентрация благородных металлов сосредоточены в породах зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций и по этому критерию исследуемая территория соответствует вполне.

Литолого-фациальные факторы обусловлены наличием железистых кварцитов как наиболее компетентных и геохимически активных пород, среди метаосадочных и метабазальтовых образований. В строении территории Олондинского ЗКП имеются прослои магнетитовых кварцитов, которые в разрезе находятся вблизи от коматиитовых прослоев.

Геохимические факторы указывают на повышенное содержание золота пород из зеленокаменных поясов в целом и на уменьшение содержания золота вблизи золоторудного месторождения на порядок по сравнению с региональным уровнем. Золотому оруденению в

геохимических аномалиях сопутствуют повышенные концентрации Te, As, Ag, Cu, W, Pb, Zn, Ba, В, F, Р, Vi, а также присущи соотношения Са к Mg (0,3-0,5) и коэффициента щелочности (0,18-0,22) во вмещающих породах. В пределах характеризуемой площади геохимические ассоциации близки к указанным. Геохимические аномалии по первичным и вторичным ореолам рассеивания подтверждают перспективы площади на обнаружение рудопроявлений благородных металлов.

Петрографические факторы отражены в интенсивных околорудных гидротермально-метасоматических изменениях породообразующих минералов. Присутствие гематита в кварцевых жилах, наличие в околорудных метасоматитах арсенопирита, пирита, пирротина и халькопирита, растворенных форм золота в сульфидах и некоторые другие закономерности служат благоприятным критерием. Метасоматические изменения пород Олондинского района охарактеризованы многими исследователями и они соответствуют оптимистическому прогнозу.

Формационные факторы сопряжены с наличием коматиит-базальтовой, железисто-карбонатной формациями, а также интрузивными комплексами ультраосновного и основного составов. Комплекс пород исследуемого района полностью отвечает указанным формациям.

Кроме того, при оценке перспектив района мы учитывали наличие прямых поисковых критериев: геохимические аномалии с высокими концентрациями никеля, хрома, меди, ЭПГ, золота. Важным фактором является обнаружение в протолочных и шлиховых пробах минералов платиновой группы (поликсена) и золота.

На основании вышеперечисленных факторов геологического контроля, а также по поисковым признакам в начале 90-х годов были выделены три наиболее перспективных участка (Токкинский, Озерный, Базовый). На двух из них (Токкинском и Озерном) в пределах района в полевой период 2004 г. проведены комплексные поисковые геолого-геофизические работы с целью выявления аномальных зон, горизонтов и тел с платинометальной и золоторудной минерализацией.

Изучение на конкретных участках тел сложенных метаультрабазит-базитовыми магматитами и связанной с ними рудной минерализацией в пределах Олондинского ЗКП позволило еще более обоснованно прогнозировать перспективы территории, составить крупномасштабные геологические карты с отрисованными ультрабазит-базитовыми комплексами и уточнить закономерности распределения в породах оруденения. Представляется целесообразным рекомендовать данную территорию к постановке поисково-оценочных работ с бурением нескольких поисковых скважин для вскрытия нижних горизонтов метакоматиит-базальтовой формации, а также аллювиальных террас с целью опробования рыхлого материала в приплотиковой части по бортам долин р. Олондо и р. Токко в их верховьях.

Необходимо подчеркнуть, что определение Э.Д. Избековым в шлиховых и протолочных пробах поликсена, а также наличие в шлиховых пробах знаков золота подтверждает природу выделенных геохимических аномалий платиноидов и золота.

#### **Литература**

1. Ахметов Р.Н., Кудрявцев В.А. Позднеархейский метаморфизм на западе Алданского щита // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1981. Т.56. Вып. 1. С.104–120.
2. Березкин В.И. Метаморфизм нижнего протерозоя Алданского щита. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 119 с.
3. Бибилова Е.В., Другова Г.М., Кирнозова Т.И. и др. Возраст вулканогенных пород Олондинского зеленокаменного пояса // Докл. АН СССР. 1984. Т.274. № 2. С.446–448.

4. Бирюлькин Г.В. и др. Оценка перспектив Чаро-Олекминского региона Алданского щита на благородные, цветные и редкие металлы с составлением прогнозно-минерагенической карты м-ба 1:200 000. ЦПСЭ. Якутск, 1990. ЯГТФ, инв. N 17660.
5. Борисов В.Г., Лесняк В.М. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые р. Конда, Тарын-Урях, (0-50-107-А, Б, В,Г; 0-50-108-А; 0-50-119-А,Б). Читагеология, 1981, ЯГТФ, инв. N 14097.
6. Габышев В.Д. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые района верхнего течения р.Хани. Чульман, ЮЯКЭ, 1968, 175 с., ЯГТФ, инв. N 8654.
7. Добрецов Н.Л., Добрецов Н.Н., Попов Н.В. и др. Минералогия и геохимия коматиитовой серии из Олондинской структуры Витимо-Алданского щита // Геохимия вулканитов различных геодинамических обстановок / Под ред. Л.В. Таусона. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С.34–49.
8. Другова Г.М. Олондинский зеленокаменный пояс. - Модели эволюции процессов метаморфизма на щитах и в складчатых областях. Новосибирск: ИГиГ, 1987. С.22-25.
9. Жижин В.И. Геология и перспективы рудоносности докембрийского интрузивного ультрабазит-базитового магматизма Алданского щита // Автореф. дисс... к.г.-м.н. Иркутск, 1996. 22 с.
10. Жижин В.И., Никитин В.М. Интрузивные базит-ультрабазитовые формации зеленокаменных структур Алданского щита // Наука - невостребованный потенциал: Тез. докл. межвузовской науч.-практ. конф. ЯГУ. Якутск, 1996. Т. 1. С. 90-91.
11. Калнустраут И., Лимарев И.С. и др. Отчет о геологической съемке м-ба 1:50 000 листов О-50-108-А,б,г; О-50-108-Б; О-51-109-А,Б и геологическом доизучении м-ба 1:50 000 на территории листов О-50-108-В,Г; О-50-120-А,Б; О-51-97-А,В по работам Ханинской партии в 1974-1981 г.г. ЧТГРЭ, Торго, 1981. ЯТГФ, инв. N 14245.
12. Кудрявцев В.А. Главные структурные несогласия в докембрии запада Алданского щита // Геология и геофизика. 1980. № 1. С.39–52.
13. Кудрявцев В.А., Нужнов С.В. Верхнеархейские структуры Алданского щита // Геология и геофизика. 1981. № 6. С.28–37.
14. Никитин В.М. и др. Предпосылки обнаружения золотого оруденения и направления поисков в зеленокаменных структурах западной части Алданского щита // Проблемы и перспективы освоения природных ресурсов Южной Якутии: Тез. докл. науч.-практ. конф. Нерюнгри, 1996. С. 13-14.
15. Смелов А.П. Метаморфическая эволюция Олекминской гранит-зеленокаменной области. Новосибирск: Наука, 1989. 128 с.

УДК 553.411

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СПОРНОЕ»**

Иванов Н.Н., доцент, Якутский государственный университет, г. Якутск

Месторождение Спорное расположено на водоразделе р. Якоцит и руч. Еннье, в 50 км к северу от города Алдан.

Геолого-структурная позиция площади месторождения определяется его расположением на пересечении двух крутопадающих структурно-тектонических зон. Первая из них – Дэлбэ-Спорнинская – тянется в юго-восточном направлении со стороны

Куранахского рудного поля, а вторая, север-северо-восточного простирания, предположительно связывает вышеуказанную зону с Эмельджакской структурой северо-западного простирания в районе месторождения Хвойное Нижнеякоитской группы. Важную роль в структурном плане месторождения играет субгоризонтальная поверхность срыва на закарстованном контакте кембрий-юра. Эта тектоническая подвижка, являющаяся вторичной по отношению к крупным блоковым перемещениям этапа тектоно-магматической активизации, привела к созданию мощной зоны дробления, проницаемой для золотосодержащих растворов. Кроме того, структура месторождения осложняется унаследованными разломами сбросо-сдвигового характера субмеридионального и северо-западного простирания. Оруденение тяготеет к близгоризонтальному контакту выветрелых и дезинтегрированных терригенных образований (полевошпат-кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты) юхтинской свиты мощностью 0-50 м и карбонатных пород нижнего кембрия (доломиты с прослоями доломитистых известняков), прорванных дайками и пластовыми интрузиями щелочных пород лебединского, нижнекуранахского.

Результаты ранее проведенных работ по оконтуриванию и выделению подсчетных золотоносных блоков месторождения не позволяют определить какие-либо закономерности в их пространственном размещении. Формально предшественниками на месторождении выделяется три рудных тела, границы которых нечеткие, расплывчатые и геологически слабо обоснованы.

Выделенные на стадии поисково-разведочных работ подсчетные блоки (оруденелые участки) имеют небольшие размеры, резко разобщены друг от друга, как в широтном, так и меридиональном направлениях и не дают представления о локальных рудоконтролирующих факторах.

С целью общей характеристики распределения золотоносности на месторождении были вычислены линейные коэффициенты рудоносности по линиям буровых профилей, которые свидетельствуют о крайне дискретном характере оруденения как в широтном, так и в меридиональном направлениях.

Для выявления локальных закономерностей пространственного размещения оруденелых участков в пределах контура подсчетных блоков месторождения автором проведено сопоставление геологических разрезов по 15 буровым профилям с нанесением интервалов промышленной золотоносности.

Анализ схемы сопоставления разрезов позволил наметить следующие тенденции в пространственном размещении оруденения:

1. Рудные тела отчетливо размещаются в зоне контакта выветрелых и дезинтегрированных терригенных образований (полевошпат-кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты) юхтинской свиты и карбонатных пород нижнего кембрия (доломиты с прослоями доломитистых известняков).

2. Все интервалы промышленного золотого оруденения тяготеют к участкам осложнения рельефа поверхности кровли карбонатной толщи, при этом нередко положение обогащенных золотом горизонтов полностью повторяет особенности этого рельефа. Осложнения рельефа связаны с формированием различной интенсивности карстовых депрессий.

3. В пределах месторождения с севера на юг заметно уменьшение интенсивности оруденения по буровым профилям, т.е. масштабы золотоносности в этом направлении снижаются.

Поскольку золотоносность четко увязывается с морфологией кровли подстилающей карбонатной толщи, с целью определения характера распределения оруденения по площади месторождения, по данным буровых профилей отстроен рельеф поверхности этой кровли в

масштабе 1:10000. Как видно из результатов выполненных построений рельеф поверхности кровли карбонатной толщи характеризуется следующими особенностями:

1. Генеральный облик рельефа представляет собой субмеридионально вытянутый пологий вал с симметричными пологими склонами.

2. В первом приближении рельеф кровли карбонатной толщи повторяет рельеф дневной поверхности: наибольшие гипсометрические уровни кровли совпадают с вершинами дневной поверхности Бурый и Еннье.

3. В южном направлении происходит воздымание кровли карбонатной толщи с максимальным относительным превышением в 110 м. В районе буровых линий 12, 5, 5/1, 6 наблюдается крутая ступень в рельефе поверхности карбонатной толщи с вертикальной амплитудой 85-90 м.

4. Склоны вала имеют ступенчатое строение, выраженное в чередовании фактически горизонтальных участков с пологими. При этом чередование этих участков наблюдается как по падению склонов, так и по их простиранию.

5. Условно можно наметить две близмеридионально (север-северо-западно) ориентированные полосы развития карстовых депрессий (восточную и западную).

На отстроенный рельеф кровли карбонатной толщи наложены участки развития золотоносной минерализации. В результате анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы о закономерностях пространственного размещения золоторудной минерализации месторождения:

1. Как отмечалось ранее, при существующих данных однозначно оконтурить отдельные рудные тела (залежи) не представляется возможным, поскольку интерполяция разрозненных рудных интервалов между буровыми профилями многовариантна.

2. Гипсометрически оруденение на месторождении охватывает вертикальный интервал от +530 м (бур. линия 9, скв. 1870) до +685 м (бур. линия 6, скв. 226, 548). При этом, более интенсивная золотоносная минерализация приурочена к уровню +580 - +610 м.

3. Северная часть месторождения более насыщена золотоносной минерализацией по сравнению с южной, что связано, вероятно, с более глубокой гидротермально-метасоматической переработкой вмещающих пород и большей интенсивностью проявления экзогенных процессов переотложения вещества. В южной части имеются участки «закрытой» коры выветривания, где она перекрыта сверху неизменными песчаниками.

4. Выявляется отчетливая связь золотоносности с особенностями рельефа подстилающей оруденение карбонатной толщи. На относительно более пологих (практически горизонтальных) площадках рельефа отмечаются более мощные интервалы оруденения.

5. В пределах общего контура промышленных запасов выделяется две близмеридиональные полосы развития оруденения, связанные с линейными зонами развития карстовых депрессий.

Таким образом, месторождение Спорное с точки зрения закономерностей пространственного размещения и проблем оконтуривания рудных тел является сложным объектом. Основным фактором, определяющим локальное распределение золотоносной минерализации, следует признать особенности рельефа поверхности карбонатной толщи, вызванные процессами карстообразования. На горизонтальных площадках поверхности кровли карбонатной толщи, где наиболее интенсивно формировались карстовые депрессии, в этап экзогенного переотложения вещества и происходило основное накопление золота.

Учитывая отмеченное ранее генеральное север-северо-западное простирание основных геологических структур района можно предположить наличие на месторождении двух приблизительно так же ориентированных полос золотоносной минерализации,

располагающихся на восточном и западном склонах вала отстроенного рельефа кровли подстилающей оруденение карбонатной толщи. Перспективы месторождения могут быть связаны с юг-юго-восточным флангом, где по данным предшествующих работ выявлены несколько точек минерализации с промышленным содержанием золота и оконтурены прогнозные ресурсы  $P_2$  и куда уверенно трассируются отмеченные выше линейные зоны оруденения.

УДК 550.3/9:553.81

## **ПРОБЛЕМЫ АЛМАЗОНОСТИ АЛДАНСКОГО ЩИТА, ЮГО-ВОСТОКА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И СЕТТЕ-ДАБАНА**

Колодезников И.И., д.г.-м.н., профессор,  
Якутский государственный университет, г. Якутск, [alfatwo@yandex.ru](mailto:alfatwo@yandex.ru)

Южная Якутия — огромный регион, обладающий богатейшими запасами энергетического сырья, рудных и нерудных полезных ископаемых. Грандиозные планы развития промышленности, строительства каскада гидроэлектростанций, строительства автомобильных и железных дорог, позволяют нам вновь вернуться к постановке вопроса о перспективах алмазности, как самой Южной Якутии, так и прилегающих к ней с северо-востока территорий. Имеется в виду юго-восток Сибирской платформы и Сетте - Дабан, в географическом плане это значительная по площади территория, охватывающая бассейн правобережья р. Лены и далее на юго-восток – бассейны рек Амга, Алдан, Юдома.

Многолетний опыт поисков месторождений алмазов позволил геологом сформулировать основные предпосылки прогнозирования. В обобщенном виде эти предпосылки можно разделить на четыре группы: геотектонические, структурные, магматические, минералогические. Более того, при оценке перспектив территории мы должны теоретически предположить, какой из известных нам типов алмазопроявлений мы собираемся искать, а такими типами алмазопроявлений могут быть следующие.

1. Кимберлитовый тип. Наиболее перспективной для обнаружения кимберлитовых трубок является юго-восточная часть Сибирской платформы и обрамление Сетте - Дабанской рифтовой зоны.

2. Лампроитовый тип. Этот тип месторождений приобрел известность после обнаружения крупных месторождений алмазов в Австралии, некоторые исследователи называют его австралийским. Обнаружение такого типа месторождений возможно в пределах Сетте-Дабанской рифтовой зоны, тем более, что тела лампроитов там известны.

3. Метаморфогенный тип. Этот тип месторождений называют еще кокчетавским. Возможно обнаружение такого типа алмазопроявлений в пределах выходов архейско-нижнепротерозойских толщ Алданского щита.

4. Тип алмазопроявлений неясного генезиса. В этот тип условно объединяются находки алмазопроявлений, происхождение которых мы объяснить не можем. Учитывая весьма значительную устойчивость алмазов экзогенным процессам, есть все основания обратить внимание на промежуточные коллекторы. Для наших территорий таким промежуточным коллектором могут быть отложения раннеюрского возраста. Кроме того, нельзя исключить для Алданского щита алмазопроявлений офиолитового и метеоритного (импактного) генезиса.

Обобщая изложенное выше, наибольшее внимание необходимо уделить прогнозной оценке территорий, перспективных на обнаружение месторождений кимберлитового и

лампроитового типов, таковыми являются юго-восточная часть Сибирской платформы и Сетте-Дабан.

#### Геотектонические предпосылки

Обратимся к уже известным, устоявшимся представлениям об основных принципах геологической оценки территории на промышленную алмазоносность. Эти основы были разработаны геологами, занимающимися изучением кимберлитовых трубок Южно-Африканской и Сибирской платформ. Еще в 1966 г. Т.Н. Клиффорд сформулировал принцип (эмпирическое правило Т.Н. Клиффорда), впоследствии несколько видоизмененный, но до настоящего времени объясняющий распределение промышленных месторождений алмазов на платформах. Суть «правила Клиффорда» заключается в следующем. Промышленные месторождения алмазов, связанные с кимберлитами, расположены в районах, имеющих в основании породы архейского возраста (архейские гранит-зеленокаменные ядра, или архоны) [8]. Н.Л. Добрецов [1] полагает, что архейские нуклеары подстилаются деплетированной мантией, которая является единственным источником кимберлитовой магмы.

Геологические исследования, результаты бурения и геофизические материалы [6] показывают, что в основании чехла юго-востока Сибирской платформы присутствуют высокометаморфизованные породы архейского возраста. Большая часть интересующего нас района закрыта платформенным чехлом более молодых пород, однако в южной части, в пределах восточной окраины Алданского щита, есть выходы архейских пород на дневную поверхность, а в бассейне р. Амги буровыми скважинами вскрыты породы архейского возраста. От бассейна р. Лены на юго-восток до бассейна р. Алдан исследователи [6] выделяют гранито-гнейсовую Иенгра-Тюнскую зону, серогнейсово-зеленокаменную Батомгскую зону и гранулит (эндербито) – гнейсовую Тимтонскую зону. Аналогичное геологическое строение имеет территория Якутской алмазоносной провинции в бассейнах рек Вилюй - Анабар.

Таким образом, изучаемый нами район к западу от Сетте-Дабана вплоть до р. Амги и далее до бассейна р. Лены имеет архейское основание и с позиции «правила Клиффорда» может быть отнесен к перспективным на обнаружение месторождений алмазов кимберлитового типа. Об этом же свидетельствует информация о рельефе кристаллического фундамента юго-восточной части Сибирской платформы. При анализе характера рельефа кристаллического фундамента по геофизическим данным и результатам бурения были отмечены [6] значительные вариации его абсолютных отметок – от сотен метров на поднятиях и до 14 км в крупных впадинах. В бассейнах рек Амга – Алдан, по данным ГКЗ установлено воздымание кровли кристаллического фундамента, что подтвердилось результатами бурения в бассейне р. Амги. Интересные данные получены по профилю ГСЗ Игарка – Якутск [6], где хорошо видно воздымание кровли фундамента под весьма алмазоносной Мирнинско – Айхальской седловиной и изучаемым нами районом под Якутским поднятием и восточнее его.

#### Структурные и магматические предпосылки

Внутри платформенных районов, имеющих в основании высокометаморфизованные породы архейского возраста, коренные месторождения алмазов приурочены к линейным зонам тектонической активизации. В процессе работы над этим вопросом все больше исследователей склоняются к мнению, что проявления кимберлитового магматизма тяготеют к рифтовым структурам. Фактический материал свидетельствует о том, что эта связь существует и крупные месторождения алмазов пространственно тяготеют к зонам ограничения рифтовых структур. Месторождения алмазов на Сибирской платформе находятся в зоне влияния Вилюйско – Мархинских разломов, ограничивающих Вилюйскую

рифтовую систему с севера. Если обратиться к структурной позиции кимберлитовых трубок Архангельской алмазоносной провинции [4], то очевидна их приуроченность к тектоническим зонам ограничения Онежского грабена (рифта). Положение кимберлитовых полей Восточно – Китайской алмазоносной провинции [5] также подтверждает мысль о связи их с рифтогенезом.

Таким образом, одной из перспективных территорий на обнаружение месторождений алмазов кимберлитового типа является область сочленения платформенного региона с рифтовой зоной. Исследуемая нами территории относится именно к таким, поскольку здесь в среднем палеозое происходило формирование Сетте – Дабанской рифтовой зоны [3]. Видимая протяженность рифтовой зоны не менее 500 км. В северном направлении рифтовая зона перекрыта позднепалеозойскими и раннемезозойскими терригенными отложениями. Согласно геофизическим исследованиям, вдоль западной границы рифтовой зоны фундамент смещен по вертикали до 2 км. В процессе развития Сетте – Дабанской рифтовой зоны значительно активизировалась магматическая деятельность как в интрузивной, так и в эффузивной формах проявления. Латеральные изменения среднепалеозойских магматических ассоциаций связаны с формированием трех систем грабенов, в которых изливались значительные объемы базальтов. Активно проявился магматизм на «плечевых» частях рифтовой зоны, где прослежены вытянутые на сотни километров дайковые пояса и сложнопостроенные массивы ультраосновных – щелочных пород с карбонатами (Горноозерский комплекс).

Лампроитовый тип месторождений алмазов был включен в промышленный тип относительно недавно. (2). Особого внимания заслуживают структурная и геологическая позиции алмазоносных лампроитовых трубок Аргайл и Эллендейл в западной Австралии. Алмазоносные лампроиты встречаются в различном структурном окружении - от протерозойской подвижной зоны Кинг – Леопольд до палеозойского трога (рифта) Фицрой. Многие тела лампроитов, внедрившихся в породы протерозоя, приурочены к разломам, простирающимся параллельно северной окраине рифта Фицрой. В южной оконечности Сетте – Дабанской рифтовой зоны геологами [7] обнаружены дайки лампроитов при изучении Ариавканского дайкового поля, локализованного в узле пересечения Урахинского и Кидерикинско – Минорского глубинных разломов. Обнаружение лампроитов на юге Сетте – Дабана еще не является доказательством алмазоносности изучаемой территории, однако это еще один факт в пользу перспективности территории на обнаружение месторождений алмазов.

#### Минералогические предпосылки

Необходимо отметить, что специальных масштабных минералогических исследований в пределах отмеченных площадей проведено не было. В пределах поля распространения пород Горноозерского комплекса, по данным А.Н. Орлова, были обнаружены хромшпинелиды и пикроильменит.

Проблема алмазоносности юго-восточной окраины Сибирской платформы поднимается с 60-х годов прошлого столетия в связи с находками в пределах Сетте – Дабана геологами АЮГРЭ ЯТГУ кристаллов алмазов в шлиховых пробах. Последний из отмытых кристаллов алмаза размером около трех карат был диагностирован В.А. Амузинским и поступил в Комдрагмет РС (Я) 12 декабря 1994 г.

Подводя итоги, считаем необходимым отметить, что геологическая ситуация на юго-востоке Сибирской платформы в междуречье Лена – Амга – Алдан весьма благоприятна для выявления месторождений алмазов кимберлитового и лампроитового типов. Игнорирование этой проблемы может привести к серьезному экономическому просчету и искусственному сокращению сырьевых возможностей Южной Якутии.



## Литература

1. Добрецов Н.А. Глобальные петрологические процессы. М.:Недра, 1981. 286 с.
2. Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии / Пер. с англ. М.: Мир, 1994. 450 с.
3. Колодезников И.И., Левашов К.К., Маршинцев В.К., Мишин В.М., Шкодзинский В.С. Геология и перспективы алмазоносности юго-восточной окраины Сибирской платформы и Сетте – Дабана. М.: Недра, 1996. 159 с.
4. Синицин А.В., Дауев Ю.М., Гриб В.П. Структурное положение и продуктивность кимберлитов Архангельской провинции // Геология и геофизика. 1992. №10. С. 74-83.
5. Столбов С.М., Ермолаев Л.А., Синицин А.В. Структурная ситуация проявлений кимберлитового магматизма и перспективы алмазоносности северной (советской) части Восточно – Китайской кимберлитовой провинции // Геология и геофизика. 1992. № 10. С. 123-129.
6. Структура и эволюция земной коры Якутии / Г.С. Гусев, А.Ф. Петров, Г.С. Фрадкин и др. М.: Наука, 1985. 280 с.
7. Шнай Г.К., Соболев А.Е., Игошина И.И. Лампроиты Южного Верхоянья // ДАН. 1991. Т.319. №4. С. 957-961.
8. Янсе А.Д. Новый подход к классификации кратонов // Геология и геофизика. 1992. №10. С. 12-32.

УДК 551.2:553.2/4/.81:556.1

### ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РАЗЛОМА

Мишин Н.И., д.г.-м.н., в.н.с., Панфилов А.Л., к.г.-м.н., с.н.с.,  
ОАО ВНИМИ, г. Санкт-Петербург, [alp06@rambler.ru](mailto:alp06@rambler.ru)

Первоначально обобщенная модель разрывного нарушения была построена на фактическом материале шахтной геологии угольных бассейнов России и ближнего зарубежья [1]. Особенности геологического строения угленосных толщ (многопластовость и выдержанность), а также широкий фронт горных работ на нескольких горизонтах позволили с высокой достоверностью провести моделирование разрывов различных типов и рангов.

За основу построения модели сместителя А.С. Забродиным были приняты изоамплитуды смещения, как основного параметра, физически определяющего наличие разрыва. Результаты геометризации сместителей разрывов на шахтах Кузбасса приведены на рис. 1.

Обобщение опыта геометризации разрывных нарушений позволило сформулировать следующие постулаты: относительное перемещение крыльев разрыва происходит по сместителю в противоположных направлениях; изменение амплитуды смещения носит закономерный характер от максимума до нуля во всех направлениях; сместитель разрывного нарушения может быть оконтурен нулевой изоамплитудой замкнутой по эллипсу (рис. 2); величина максимальной полной амплитуды смещения, ориентированной по штрихам скольжения, пропорциональна количеству энергии, затраченной на хрупкое разрушение массива горных пород и тесно коррелирует с параметрами сместителя.

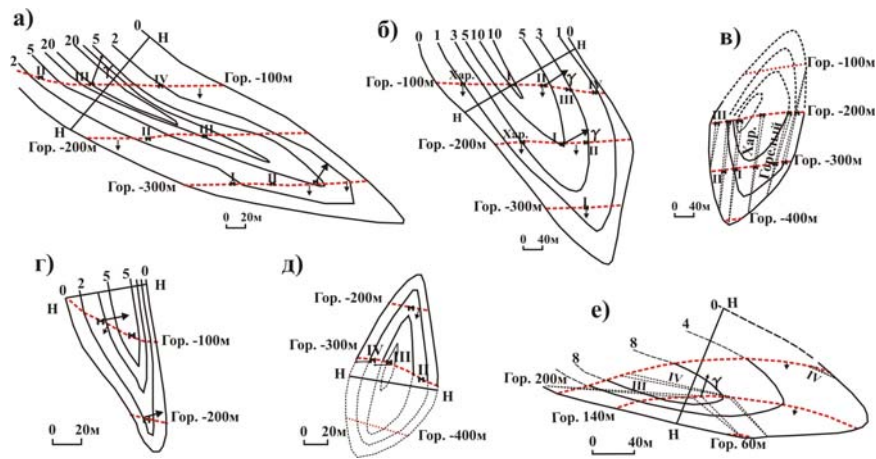


Рис. 1. Модели сместителей на шахтных полях Прокопьевского и Анжерского районов: а) и б) – шахта «Коксовая», в) - е) - шахта «Судженская»; пласты: I – I Внутренний, II - II Внутренний, III - III Внутренний, IV - IV Внутренний, Хар. – Характерный; в) и д) - прогнозные части сместителей

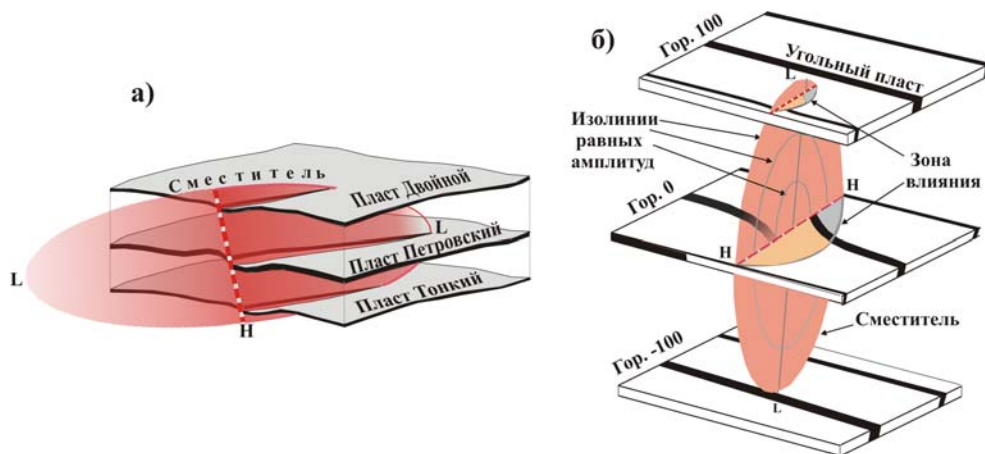


Рис. 2. Схематизированные структурно-геометрические модели сместителей сброса (а - шахта «Судженская») и сдвига (б – шахта «Коксовая»)

Определяющими параметрами сместителя являются перпендикулярные оси (**L** и **H**) (рис. 2). Эмпирическое соотношение осей составляет:  $H : L = 1 : 3$  (1).

Между значениями максимальной амплитуды перемещения по разрыву (**R**) и длинами осей сместителя также существует зависимость, которая в первом приближении выражается как:  $R : H : L = 1 : 20 : 60$  (2).

Соотношение 2 является выдержанным для разрывов различного ранга. Из модели сместителя следует, что амплитуда и протяженность разрыва в произвольном сечении зависит не только от ранга разрыва, но также и от ориентировки и удаления сечения от центра сместителя. Максимальную протяженность имеет сечение, проходящее через центр сместителя [1]. Направление развития и затухания сместителя определяется пространственной ориентировкой осей, а ориентировка осей сместителя относительно элементов его залегания определяется положением следов скольжения.

На фактическом материале установлено, что следы скольжения на сместителе располагаются параллельно оси **H**. У нормальных сбросов и взбросов ось **H** совпадает с

линией падения – восстания, а ось **L** с линией простирания сместителя; у сдвигов ось **L** близка к линии падения сместителя, а ось **H** совпадает с его простиранием. У взбросо- и сбросо-сдвигов оси сместителя занимают промежуточное положение между линиями падения и простирания. Зная направление перемещения крыльев и распределение амплитуд разрыва по сместителю можно определить ориентировку его осей в пространстве и максимальное развитие на глубину.

Разрывные нарушения на геологические карты и планы горных работ наносят в виде линий, часто подразумевая, что сместитель это и есть разлом. По документации эксплуатационной разведки установлено, что для каждого разрывного нарушения характерно наличие зоны влияния, в пределах которой отмечено изменение состава, свойств, строения и состояния массива горных пород. Эти изменения проявляются в брекчировании пород, развитии аномальной (приразломной) трещиноватости, понижении прочности и изменении устойчивости пород, что обуславливает реализацию динамических явлений в горных выработках в пределах этих зон. Ширина зон влияния разрывов, выделяемых по этим показателям различна, приразломная трещиноватость захватывает значительную область пород массива и образует наиболее широкую зону влияния.

Наличие зон влияния в крыльях разломов дает основание для выделения третьей оси системы разрыва, которая нормальна к сместителю и определяет ширину зоны влияния нарушения. По трем взаимно перпендикулярным осям модель разрывного нарушения можно представить в виде эллипсоида (рис. 3). Объемную модель разрыва мы называем *эллипсоидом смещения*. Соотношение ширины зоны влияния **B** в обоих крыльях разрыва с максимальной амплитудой смещения составляет: **B = 10R** (3).

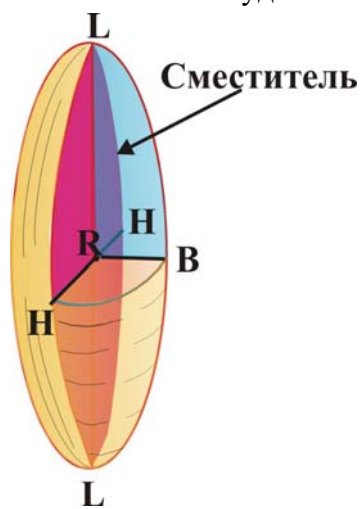


Рис. 3. Эллипсоид смещения – объемная модель разрывного нарушения

Сместитель делит эллипсоид смещения на две равные части. В каждой из них в направлении перемещения от центра сместителя массив горных пород уплотняется за счет уменьшения пористости и появления сколов взбросового типа с перекрытием, а в противоположном направлении за счет развития систем отрывов и трещин сбросового типа с зиянием происходит дилатация массива. В противоположном крыле разрыва картина обратная. Объем и границы зон приразломного растяжения и сжатия определяются из отношения: **R:B:H:L=1:10:20:60** (4).

Вследствие закономерного характера хрупкой деформации земной коры отношение (4) для одиночных разрывов разных типов и порядков является выдержанным. Рассмотрим указанные закономерности на примере горизонтального сечения модели сдвига (рис. 4). След сместителя совпадает с малой осью, т.е. направлением перемещения и, следовательно, на нем будут фиксироваться все изменения амплитуд.

В точках **A** и **B** смещение слоев отсутствует. Максимальная амплитуда фиксируется по слою 2 (отрезок **M-M<sup>1</sup>**). Учитывая, что амплитуда складывается из противоположно направленных, но одинаковых по значению перемещений, можно представить характер деформаций, испытываемых крыльями в разных частях перемещаемых блоков. Максимальная амплитуда расположена в центре сечения (по слою 2), а в точке **A** она равна

нулю и перемещение слоев направлено в ее сторону. В правом крыле сдвига на участке  $M^1$ – $A$  массив подвержен деформациям, приводящим к уменьшению объема, т.е. к уплотнению. На участке  $M^1$ – $B$  массив испытывает деформации, приводящие к разуплотнению части массива с компенсацией «сжатия» на участке  $M^1$ – $A$ .

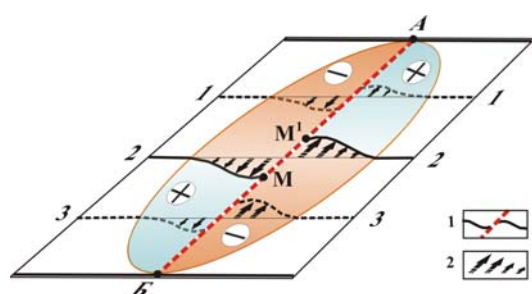


Рис. 4. Принципиальная схема формирования приразломных зон сжатия (+) и растяжения (-) в крыльях нормального сдвига (показано горизонтальное сечение сместителя). 1 – пересекаемые сдвигом слои и их номера, 2 – дифференциальные амплитуды перемещения

Аналогичные зоны деформаций относительного «сжатия» и «растяжения» формируются и в левом крыле сдвига, при этом против зоны сжатия располагается зона растяжения в другом крыле.

Размер сечения приразломных зон растяжения и сжатия по сравнению с первоначальным состоянием массива горных пород различается на 1/2 максимальной амплитуды. Формирование зон сжатия и растяжения, происходит, не только в системе сдвигов, но и в разломах сбросового (рис. 5) и взбросового (рис. 6) типов, равно как и в системах сколов промежуточных типов. Эллипсоид смещения может занимать в пространстве любое положение, при этом его внутренняя структура сохраняется: зоны относительного «сжатия» и относительного «растяжения» располагаются перекрестно симметрично относительно сместителя, который выступает как плоскость т. н. черно-белой симметрии.

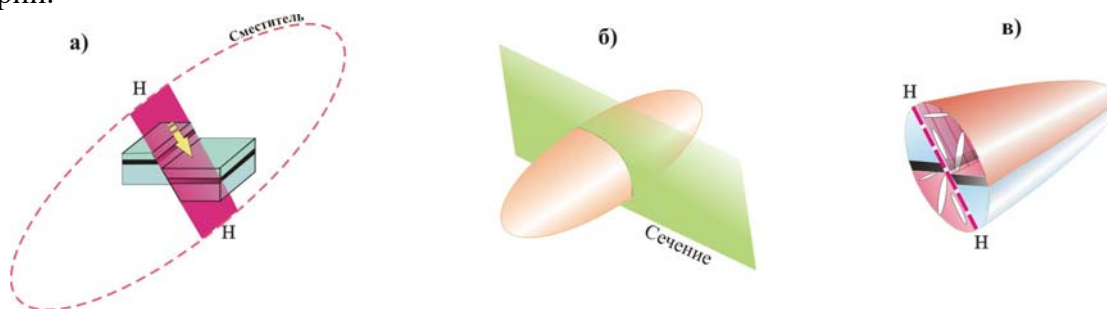


Рис. 5. Объемная модель сброса. а) - блок-диаграмма и контуры сместителя; б) – эллипсоид смещения (внешний контур); в) – разрез через центр эллипсоида смещения

Каждому кинематическому типу разрывов (сдвиг, взброс, сброс) отвечает определенное положение зон сжатия и растяжения. У сдвига обе зоны растяжения и сжатия располагаются на одном гипсометрическом уровне и телескопируются на всех горизонтальных сечениях. Для сброса и взброса телескопирование зон имеет место в вертикальных сечениях. Поскольку на поверхность земной коры разломы выходят только в результате эрозии, то практически всегда в исследуемом массиве геолог имеет дело лишь с неполной, сохранившейся эрозии частью эллипсоида смещения.

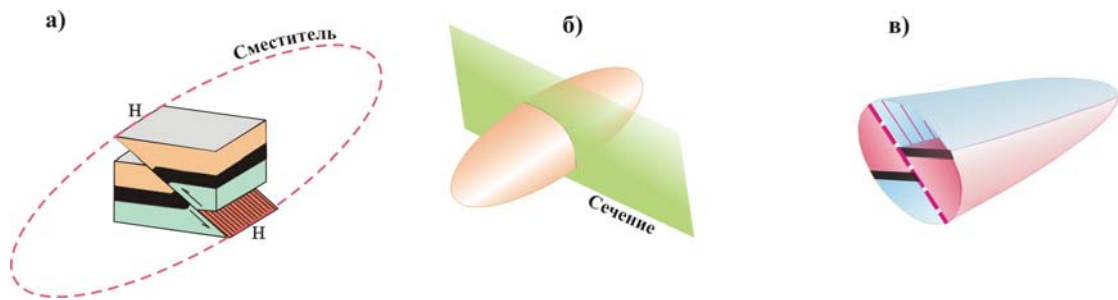


Рис. 6. Объемная модель взброса. а) - блок-диаграмма и контуры сместителя; б) – эллипсоид смещения (внешний контур); в) – разрез через центр эллипсоида смещения

Из экспериментов и теории известно [2], что в момент образования скола, напряжения его породившие на поверхности сместителя становятся равными нулю. Одноэтапная объемная хрупкая деформация может привести к появлению двух сопряженных поверхностей скола и одной поверхности отрыва. Вторичные (сопутствующие) поверхности разрушения образуются в результате движения крыльев разлома [1]. Разрывное нарушение – это не только результат действия напряжений в виде сместителя, но и производное от перемещений разъединенных блоков пород в крыльях. Перемещение крыльев вызывает изменение напряженного состояния в приразломной зоне и перераспределение напряжений, т.е. последовательное превращение одного из главных нормальных напряжений в максимальное, что приводит к образованию новых направлений деформаций и появлению структур последующих порядков (рангов).

Условимся, разрывное нарушение первого порядка, образование которого привело к возникновению вторичных хрупких дислокаций, называть *магистральным разломом* (МР). Как правило, детальные и перегруженные второстепенной информацией описания рудных полей не содержат указаний на геодинамические закономерности их организации и локализации месторождений, что сказывается на эффективности разведочных работ. Представления о структурах рудных полей основываются в первую очередь на изучении систем разрывных нарушений. Их совокупность часто предстает в виде сложной сети с неявными возрастными и ранговыми соотношениями составляющих разрывов при их неопределенном кинематическом типе. Исследования тектоногенных рудных полей различной специализации, свидетельствуют, что размещение рудных тел в пространстве полностью определяется параметрами единственного для этого месторождения МР [3, 4]. Напряженно-деформированное состояние недр, в значительной степени определяло характер не только тектонических процессов, но и явлений рудомобилизации и рудоконцентрации. На площади рудного поля или месторождения существует лишь одна складчатая и одна разрывная (МР) структуры, ответственные за формирование и распределение рудной минерализации. Модель МР, как и любого, элементарного дизъюнктива, аппроксимируется эллипсоидом смещения, что позволяет определять границы и объемы рудных полей, глубины залегания и соотношения рудных тел разного масштаба и ориентировки. Из модели магистрального разлома, следует:

- рудное поле имеет границы определенные параметрами МР и поддается объемной геометризации;
- каждое месторождение локализуется в двух ловушках, закономерно размещенных друг относительно друга и сместителя МР;
- все рудные тела и их геохимические ореолы в приближении к сместителю МР выклиниваются;

- важнейшим моментом при оценке масштабов оруденения является определение сохранности ловушек по положению уровня эрозионного среза.

Модельные представления, изложенные выше, позволили расшифровать десятки структур рудных полей и месторождений: Дукатское золотосеребряное; золоторудные - Карамкенское, Школьное, Наталкинское, Омчакское, Павликовское, Бамское, Многовершинное, Токур, Чадакское, Мурунтау; Тюпское (галенит); Восток-2 (шеелит); апатит-нефелиновых руд Хибин; медно-никелевые - Норильска, Печенги, Мончегорска; Стрельцовское (уран) и др. По каждому из объектов получены прогнозные модели с четким определением структурной позиции, обоснованием естественных границ рудных полей и рудных ловушек, даны оценки перспектив развития МСБ и рекомендации по оптимизации геологоразведочных работ. Обобщение выполненных работ дано в подготовленной монографии.

### Литература

1. Разрывные нарушения угольных пластов (по материалам шахтной геологии) / И.С. Гарбер, В.Е. Григорьев, Н.И. Мишин и др. Л.: Недра, 1979. 190 с.
2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
3. Мишин Н.И., Степина З.А. Формирование структур жильных рудных полей магистральным рудоконтролирующим разломом (МРР). ДАН. 1992. Т. 323. №2. С. 349-353.
4. Мишин Н.И., Степина З.А. Анализ структурной организации и размещения Cu-Ni-Pt оруденения Норильска // Уникальные месторождения полезных ископаемых России. Закономерности формирования и размещения. Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб., 1996. С. 75-91.

## ДИСПЕРСИОННАЯ МОДЕЛЬ СКВАЖИННО-ШАХТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Ним Ю.А., д.г.-м.н., профессор,  
Якутский государственный университет, г. Якутск

В обычном варианте скважинно-шахтной технологии, основанной на использовании переменного тока, как правило, возбудителем электромагнитного поля является вертикальный электрический диполь [3-6,10,11-13]. При этом теоретическое обеспечение скважинно-шахтной электроразведки базируется на анализе гармонического электромагнитного поля электропроводной или диэлектрической, фрагментарно комплексной частей электрофизических параметров геологических объектов [5-7,9,10]. Вместе с тем геологическая среда, и тем более криолитозона, вмещающие объекты поисков, разведки и разработки (угольные пласты, нефтегазовые коллекторы, кимберлитовые, золоторудные тела и т.д.) представляют гетерогенную и многофазовую систему, обладающую комплексной электродинамической (дисперсионной) электропроводностью. В этой связи по мере естественного научно-технического развития технологии электромагнитного поиска, разведки и оценки геологических объектов возникли фундаментальные и прикладные задачи исследования взаимосвязей импульсного электромагнитного поля с параметрами комплексной диспергирующей среды при ее возбуждении вертикальным электрическим диполем. Постановка задачи и некоторые ее фрагменты частного характера ранее рассмотрены в работах [6,9].

Представим пласт, характеризующийся комплексной электропроводностью  $Kn = (Sn + i\omega\tilde{D}n)$ , где  $Sn = \lim_{\gamma_n \rightarrow \infty} \gamma_n d_n$ , при  $\gamma_n \rightarrow \infty$ ,  $d_n \rightarrow 0$ ;  $\tilde{D}n = \lim_{\gamma_n \rightarrow \infty} \tilde{\epsilon}_n d_n$ , при

$\tilde{\varepsilon}_n \rightarrow \infty, dn \rightarrow 0; \gamma_n, \tilde{\varepsilon}_n, d_n$  – соответственно, электропроводность, комплексная диэлектрическая проницаемость, толщина n-го пласта,  $\tilde{D}_n, S_n$  – соответственно, конечные значения продольных комплексной диэлектрической проницаемости, проводимости n-го пласта,  $\tilde{\varepsilon}_n = \varepsilon' - \varepsilon''$ .

Поместим вертикальный электрический диполь, ориентированный по оси z в начало цилиндрической системы координат  $(r, \varphi, z)$ , расположенной на расстоянии «h» от плоскости «К». Из физической ситуации положим далее, что параметр «К» вмещающей среды намного меньше «К» пласта (для горизонтально-слоистой среды это ограничение снимается посредством оценки ее влияния и технологии производства). Тогда электромагнитное поле описывается уравнением Лапласа с граничными условиями телеграфного уравнения вырождающегося на плоскости «К» в граничное условие вида [10]:

$$\frac{\partial A_z^{(1)}}{\partial z} - \frac{\partial A_z^{(2)}}{\partial z} = i\omega\mu(S + i\omega\tilde{D})A_z^{(1,2)}, \text{ где } \omega\text{-циклическая частота, } i\text{-мнимая единица,}$$

$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ ,  $A_z$  - вектор-потенциал, вводимый соотношением  $H\varphi = \text{rot}A_z, H\varphi$  - компонента напряженности магнитного поля диполя.

Второе граничное и краевые условия имеют классический вид [1]:

$$A_{1z} = A_{2z}; \text{ при } z \rightarrow 0, A_z \rightarrow \frac{\mu J l}{4\pi}; \text{ при } r \rightarrow \infty, A_z \rightarrow 0,$$

где J – сила тока, l – длина диполя.

Применяя метод разделения переменных, для примера запишем известные решения уравнения Лапласа для точек полупространства, в которой расположен возбудитель:

$$A_{1z}(\omega) = \frac{\mu J l}{4\pi} \int_0^{\infty} (e^{-mz} + C_0 e^{-mz}) J_0(mr) dm, \quad (2)$$

где  $J_0(mr)dm$  – функция Бесселя нулевого порядка, m – переменная разделения,  $C_0$  – коэффициент, требующий определения.

Согласно граничным и краевым условиям определим коэффициент, представив его в виде:

$$C_0 = -e^{2mh} \frac{V}{W_1} = -e^{2mh} \frac{i\omega\mu S + (i\omega)^2 \mu\tilde{D}}{2m + i\omega\mu S + (i\omega)^2 \mu\tilde{D}} \quad (3)$$

Если внести в  $C_0$  функцию  $\tilde{D} = D' - iD''$  по Дебаю, то после алгебраических преобразований найдем  $\tilde{D} = D'' + iD'$ , которое можно подставить в функцию расчета импульсного поля.

С целью учета взаимодействий комплексной диэлектрической проницаемости во всем спектре технических частот для временной области необходимо ввести в решение уравнения Лапласа, аналог формулы Дебая для данной модели, которая представляются в виде [10]:

$$\tilde{D} = D' - iD'' = \frac{D_0 + D_{\infty} i\omega\tau}{1 + i\omega\tau} \quad (4),$$

где  $D_0, D_{\infty}$  - соответственно, продольная диэлектрическая проницаемость при  $\omega \rightarrow 0$ , при  $\omega \rightarrow \infty$ ,  $\tau$  - время релаксации.

С вводом аналога формулы Дебая в соотношение (1), естественным образом учитывается и известный эффект Максвелла-Вагнера.

Представим числитель и знаменатель коэффициента  $C_0$  в виде:

$$V = p^3 + p^2 \frac{S\tau + D_0}{\tau D_\infty}, W = p^3 + p^2 \frac{S\tau + D_0}{\tau D_\infty} + \frac{Sm\tau + \mu S}{\mu \tau D_\infty} + \frac{2m}{\mu \tau D_\infty}, \quad (5)$$

где  $p=i\omega$ .

Для приведения  $C_0$  к табличному интегралу обратного преобразования Лапласа определим корни кубического уравнения. Для этого приведем функцию  $W$  к виду:

$$W = x^3 + rx^2 + sx + c = 0,$$

Обычным способом находим:

$$x_1 = -2Rch \frac{\varphi}{3} - \frac{A}{3}; x_2 = Rch \frac{\varphi}{3} + i\sqrt{3}Rsh \frac{\varphi}{3} - \frac{A}{3};$$

$$x_3 = Rch \frac{\varphi}{3} - i\sqrt{3}Rsh \frac{\varphi}{3} - \frac{A}{3}.$$

$$\text{где } R = |\sin g| \sqrt{\frac{|P|}{3}}, \sin \frac{\varphi}{3} = \frac{g}{2R^3}. \text{ Где } A = \frac{S\tau + D_\infty}{\tau D_\infty} = r;$$

$$s = \frac{2m\tau + \mu S}{\mu \tau D_\infty}; t = \frac{2m}{\mu \tau D_\infty}; g = \frac{2r3}{27} - \frac{rS}{3} + t; p = \frac{3S - rS}{3}.$$

С учетом данных представлений получим:

$$W = (p + c) \left[ (p + a)^2 + b^2 \right], \text{ где } a = \frac{A}{3} - Rch \frac{\varphi}{3}; c = \frac{A}{3} + 2Rch \frac{\varphi}{3};$$

$$b^2 = \left( x\sqrt{3}Rsh \frac{\varphi}{3} \right)^2 = 3R^2 sh^2 \frac{\varphi}{3}.$$

$$V = P \left( P^2 + P \frac{S\tau D_0}{\tau D_\infty} + \frac{S}{\tau D_\infty} \right) = \alpha P^3 + \beta P^2 + \gamma P.$$

Согласно справочным данным во временной области коэффициент  $C_0$  представляется в виде [2, ф.21.72, с.202].

$$C_0 = -e^{-2mh} \left\{ \alpha - \frac{\alpha c^2 - \beta c + \gamma}{(a-c)^2 + b^2} a^{-at} \cos bt + \frac{1}{b} \left[ \beta - (a+c)\alpha - (a-c) \frac{\alpha c^2 - \beta c + \gamma}{(a-c)^2 + b^2} \right] \times \right. \\ \left. \alpha - \frac{\alpha c^2 - \beta c + \gamma}{(a-c)^2 + b^2} a^{-at} \cos bt + \frac{1}{b} \left[ \beta - (a+c)\alpha - (a-c) \frac{\alpha c^2 - \beta c + \gamma}{(a-c)^2 + b^2} \right] \right\} \\ e^{-at} \sin bt + \frac{\alpha c^2 - \beta c + \gamma}{(a-c)^2 + b^2} e^{-ct}$$

Для модели  $N=2$ , коэффициент  $C_0$  представляется в виде:

$$C_0 = \frac{-e^{-2mh}}{gW} \left\{ p^2 \left( p\varepsilon_2'' + \frac{2m}{\mu D_2} \right) + p\varepsilon_2'' \left( p^2 + p\varepsilon_2'' + \frac{2m}{\mu D_2} \right) + e^{-2mh} \right. \\ \left. \left[ p^2 \left( p^2 + p\varepsilon_2'' + \frac{2m}{\mu D_1} \right) + p\varepsilon_2'' \left( p^2 + p\varepsilon_2'' - \frac{2m}{\mu D_1} \right) \right] \right\},$$

$$\text{где } W = p^4 + p^3 \varepsilon'' + p^2 \left( \frac{2m}{\mu g} \frac{D}{D_1 D_2} + \frac{S_1 S_2}{D_1 D_2} \right) + p \frac{2m}{\mu g} \frac{D}{D_1 D_2} + \frac{4m}{\mu g D_1 D_2};;$$



$$\varepsilon'' = \frac{S}{D}; S = S_1 + S_2; D = D_1 + D_2. \quad g=1-e^{-x}; x=2m(H-h); d=H-h.$$

Найдя корни уравнения четвертой степени функции W, приводим ее к виду:  
 $W=(p+d)(p+c)[(p+a)^2+b^2]$ ,

где

$$d = \frac{\sqrt{z_1} + \sqrt{z_2} + \sqrt{z_3}}{2} + \frac{\varepsilon''}{4};$$

$$c = \left( \frac{\sqrt{z_1} + \sqrt{z_2} + \sqrt{z_3}}{2} - \frac{\varepsilon''}{4} \right), a = \frac{\sqrt{z_1}}{2} - \frac{\varepsilon''}{4}, b = i \left( \frac{\sqrt{z_2} + \sqrt{z_3}}{2} \right).$$

$$Z_1 = -2Rch \frac{4}{3}; \quad Z_2 = -2R \cos \left( \frac{4}{3} + \frac{2}{3} \right) + i\sqrt{3}Rsh \frac{4}{3};$$

$$Z_3 = Rch \left( \frac{4}{3} + \frac{r}{3} \right) - i\sqrt{3}Rsh \frac{4}{3};$$

$$\sin \varphi = \frac{g}{2R^3}; \quad R = \left| \sin g \left( \frac{|p|}{3} \right)^{1/2} \right|; \quad r = \frac{4m^2}{\mu^2 g D_1 D_2} - q \frac{\varepsilon''}{4} p \left( \frac{\varepsilon''}{4} \right)^2 + \left( \frac{\varepsilon''}{4} \right)^3;$$

$$p = \frac{2m}{\mu g D_1 D_2} - 4 \left( \frac{\varepsilon''}{4} \right)^3 - 2 \frac{\varepsilon''}{4} \left( \frac{2m}{\mu g D_1 D_2} + \frac{S_1 S_2}{D_1 D_2} - 6 \left( \frac{\varepsilon''}{4} \right)^2 \right);$$

$$p = \frac{2m}{\mu g D_1 D_2} + \frac{S_1 S_2}{D_1 D_2} - 6 \left( \frac{\varepsilon''}{4} \right)^2;$$

Используя обратное преобразование Лапласа-Карлсона с учетом спектральной плотности прямоугольной ступени тока, т.е. независимости момента возбуждения источника поля от частоты ( $J/i\omega$ ) [1], представляем вектор-потенциал неустановившегося поля в среде возбуждения в виде:

$$A_{1z}(t) = \frac{\mu J \ell}{4\pi} \int_0^\infty e^{-m(2h+z)} \frac{1}{g} [\psi_{1-4}(t)] J_0(mr) dm, \quad (7)$$

где  $\psi_{1-4}$  - четыре функции - оригиналы изображений  $C_0$  [10, с.211, ф. 21.141].

Для учета частотной дисперсии во временной области возможен ввод в (7) функции  $\tilde{D} = D' + iD''$ ,

$$\text{где } \operatorname{Re} D' = D_0 - ch \left( \pm \frac{t}{\tau} \right) (D_0 - D_\infty), \quad \operatorname{Im} D'' = -(D_0 - D_\infty) sh \left( \pm \frac{t}{\tau} \right).$$

Можно подставить вместо параметра D значения параметров  $\tilde{D} = D' + iD''$ , если они определены.

При  $N=n$ , представим поле при  $N=2$  в виде слагаемых, состоящих из полей при  $N=1$ , при  $N=2$  и полей взаимодействий в виде:

$$A_{z2}(t) = A_{|z|}(t) + A_{z2}(t) - A_{z1}(t)$$

Составляя рекуррентное соотношение по схеме рассмотренной в [8] с учетом суперпозиции полей после прохождения электромагнитного импульса, рассматриваемого слоя, получим:

$$A_{zn}(t) = A_{z\Sigma(n-1)}(t) + [A_{zn}(t) - A_{1\Sigma(n-1)}(t) = A_{1z\Sigma(n-1)}(t) + (t) + [A_{zn}(t) - A_{1\Sigma(n-1)}] =$$

$$A_{1z\Sigma(n-1)}(t) - \frac{\mu J l}{4\pi} \int_0^{\infty} e^{-xm} \left[ \frac{1}{g_n} \psi_{(1-4)n}(t) - e^{-a_1 \Sigma(n-1)t} \frac{4m}{\mu S_{1\Sigma(n-1)}} \lambda^{-1/2} shb_{\Sigma n} t \right] J_0(mr) dm,$$

где  $n$  – количество слоев в разрезе,  $\Sigma(n-1)$ ,  $\Sigma n$  – соответствующие суммарные параметры модели,  $\Sigma(n-1)$  – сумма соответствующих параметров слоев «К», представленных в виде эквивалентного пласта.

Для детального анализа рассматриваемой модели и практической реализации технологии исследования необходима численная разработка модели и составление пакета программной продукции.

Работа выполнена при поддержке проекта РНП.2.1.2.8582.

### Литература

1. Ваньян Л.Л. Основы электромагнитных зондирований. М.: Недра, 1965. 108с.
2. Диткин В.А., Прудников А.П. Справочник по операционному исчислению. М.: Высшая школа, 1965. 466 с.
3. Петровский А.Д. Радиоволновые методы в подземной геофизике. М.: Недра, 1971. 224с.
4. Кауфман А.А., Курило В.В. Введение в теорию диэлектрического каротажа при возбуждении поля электрическим диполем / В кн.: Электромагнитные поля в геофизических исследованиях. М.: Наука, 1970. С. 75-104.
5. Кормильцев В.В., Семенов В.Д. Электроразведка методом заряда. М.: Недра, 1987. 215 с.
6. Могилатов В.С. Нестационарное поле кругового электрического диполя в однородной земле // Геология и геофизика. 1997. 38. №11. С. 1849-1855.
7. Макагонов П.П., Мухина Н.И., Шерияф Я. Влияние диэлектрической проницаемости на нестационарное электромагнитное поле в микросекундном диапазоне. М.: Изв. вузов. Геология и разведка. 1987. №8. С. 81-86.
8. Ним Ю.А. Основы приближенной теории электроразведки методом переходных процессов // Геология и геофизика. 1989. №3. С. 134-141.
9. Ним Ю.А. Модель теоретического обеспечения технологии подземной импульсной электроразведки при поисках и оценке кимберлитовых тел // Материалы Международной конференции «Актуальные проблемы разработки кимберлитовых месторождений». Мирный, 2001 С. 205-207.
10. Ним Ю.А. Теоретические предпосылки повышения эффективности импульсной электроразведки при исследовании криолитозоны // Материалы III конференции геокриологов России. М.: МГУ, 2005. С. 331-336.
11. Омеляненко А.В., Федорова Л.Л. Георадиолокационные исследования многолетнемерзлых пород. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 2006. 136 с.
12. Скважинная и шахтная рудная геофизика: Справочник геофизика. В 2-х книгах / Под редакцией В.В. Бродового. М.: Недра, 1989. 320 с. и 440 с.
13. Финкельштейн М.И., Кутев В.А., Золотарев В.П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. М.: Недра, 1986. 128 с.
14. Уэйт Дж. Р. Геоэлектромагнетизм. М.: Недра, 1987. 220 с.

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Павлов А.Г., к.г.-м.н., доцент, Филиппов В.Р., доцент,  
Якутский государственный университет, г. Якутск

Попытки классифицировать проявления полезных ископаемых по различным признакам начались с XVI века, но наиболее научно обоснованные классификации составлялись с 1920 года

Генетическое подразделение, предложенное в данной работе, составлено на основе классификаций, выработанных В.А. Обручевым [5], П.М. Татариновым и И.Г. Магакьяном [10], А.Г. Бетехтиным [1], В.И. Смирновым [8] (табл. 1) и другими знаменитыми учеными, посвятившими свои труды этой сложной теме. Со времени опубликования последних работ этих авторов прошло много времени, в научной литературе описывались новые факты о вновь открытых месторождениях. Все это позволяет усовершенствовать и переосмыслить научные достижения того времени.

Таблица 1

**Сводная генетическая классификация месторождений полезных ископаемых  
(по В.И. Смирнову)**

Серия	Группа	Класс	Подкласс
ЭНДОГЕННАЯ	Магматическая	Ликвационный Раннемагматический Позднемагматический	
	Пегматитовая	Простые пегматиты Перекристаллизованные пегматиты Метасоматически замещенные пегматиты	
	Карбонатитовая	Магматический Метасоматический Комбинированный	
	Скарновая	Известковых скарнов Магнезиальных скарнов Силикатных скарнов	
	Альбитит-грейзеновая	Альбититовый Грейзеновый	
	Гидротермальная	Плутоногенный Вулканогенный Амагматоногенный (телетермальный, стратиформный)	

	Колчеданная	Гидротермально-метасоматический Гидротермально-осадочный Комбинированный	
ЭКЗОГЕННАЯ	Выветривания	Остаточный Инфильтрационный	
	Россыпная	Элювиальный Делювиальный Пролувиальный Аллювиальный  Литоральный  Гляциальный	Косовый Русловой Долинный Дельтовый Террасовый  Озерный Морской Океанический  Моренный Флювиогляциальный
	Осадочная	Механический Химический Биохимический Вулканогенный	
Метаморфогенная	Метаморфизованная	Регионально-метаморфизованный Контактово-метаморфизованный	
	Метаморфическая		

Учитывая современные знания об условиях образования месторождений полезных ископаемых, нами предлагается следующая ранжировка генетических единиц в классификационной схеме по А.Г. Павлову [6,7]: серия – группа – подгруппа – класс – тип (табл. 2). Последнюю единицу – тип иногда можно подразделить на виды. Самым крупным подразделением в данной таблице является серия, которая подразделяется на группы и подгруппы. Последние подразделяются на классы, а классы – на генетические типы. Перед каждой единицей можно употреблять слово «генетический».

За основу выделения генетической единицы каждый раз можно учитывать какие-то особенности (геохимические, физико-химические, геологические условия, материнский источник руды) формирования рудных тел.

Поскольку месторождение полезного ископаемого – это естественное образование, происхождение которого тесно связано с геологическими процессами, развивающимися как на глубине (эндогенные), так и на поверхности Земли (экзогенные), следовательно, по условиям образования все месторождения можно разделить на две крупные единицы: эндогенные и экзогенные серии.

**Серия эндогенных месторождений** полезных ископаемых по условиям образования связана с геохимическими процессами, происходящими в глубинных частях земной коры. Эти месторождения формируются под воздействием внутренней энергии Земли, т.е. в связи с магматогенными и метаморфогенными процессами. Следовательно, эндогенная серия месторождений полезных ископаемых подразделяется на две группы: магматогенную и метаморфогенную.

**Группа магматогенных месторождений.** Формирование магматических тел – это сложный и длительный геохимический процесс, происходящий с самого начала и до конца становления магматического тела. По сегодняшним представлениям, в процессе формирования интрузивного тела обособление некоторых рудных минералов происходит в расплавленной огненно-жидкой массе, другие рудные минералы выделяются после остывания расплава, под воздействием еще не остывшей до конца интрузивной массы на окружающую среду. Такое понимание последовательности происхождения интрузивного тела позволяет подразделить группу месторождений на две подгруппы: магматическую и постмагматическую.

В *подгруппу магматических месторождений* полезных ископаемых включаются рудные тела, образующиеся непосредственно из магматического расплава. Учитывая физико-химические условия выделения рудных минералов, подгруппа подразделена на следующие три класса: собственно магматический, пегматитовый и карбонатитовый.

Таблица 2

**Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых**

Серия	Группа	Под группа	Класс	Тип
ЭНДОГЕННАЯ	МАГМАТОГЕННАЯ	МАГМАТИЧЕСКАЯ	Собственномагматический	Раннемагматический
				Ликвационный
			Карбонатитовый	Ультраосновной
				Щелочной
				Гранитный
		Пегматитовый	Гранитный	
			Щелочной	
		ПОСТМАГМАТИЧЕСКАЯ	Позднемагматический	Ультраосновной
				Щелочной
			Скарновый	Метасоматический
	Термальный			
	Гидротермальный			Плутоногенный
		Вулканогенный		
		Колчеданный		
	МЕТАМОРФОГЕННАЯ	Метаморфизованный	Метаморфогенный	
Метаморфический				

Э К З О Г Е Н Н А Я	ВЫВЕТРИВАНИЯ	Инфильтрационный	
		Остаточный	
		Россыпной	Элювиальный, делювиальный, пролювиальный, гляциальный, эоловый
	ОСАДОЧНАЯ		Морской
			Континентальный
		Химический	Морской
			Континентальный
		Биохимический	Морской
			Континентальный

Подразделение **собственномагматического класса месторождений** производится согласно классификации, разработанной А.Н. Заварицким в 1926 г., измененной М.Н. Годлевским [2], В.К. Котульским [3], В.И. Смирновым [8] и А.Г. Бетехтиным [1]. Среди этого класса выделены два генетических типа месторождений, разделяющихся по температурным условиям концентрации рудного вещества: *раннемагматический* и *ликвационный*.

**В пегматитовый класс** месторождений полезных ископаемых, согласно теории А.Е. Ферсмана [12] включены руды, образующиеся из поздних порций остаточной силикатной магмы, обогащенной летучими компонентами. Пегматиты, имеющие промышленное значение, генетически связаны с двумя группами магматических пород. Учитывая материнский источник, промышленно ценных пегматитовых залежей, автором в этом классе выделяется два генетических типа руд: *гранитный* и *щелочной*. Основные, ультраосновные и метаморфические пегматиты, не имеющие практического значения, не включены в классификацию.

**Класс карбонатитовых месторождений** по ранним представлениям имел тесную генетическую связь только с дифференцированными ультраосновными породами. Позже появились научные работы [4, 11], описывающие генетическую связь карбонатитов с щелочными интрузивами и с раскристаллизацией кислой магмы, ассимилировавшей на глубине осадочные карбонатные породы. Учитывая новые факты, автор считает необходимым расчленить этот класс на три генетических типа: *ультраосновной*, *щелочной* и *кислый*.

**К подгруппе постмагматических месторождений**, согласно предыдущим исследователям, включены руды, кристаллизовавшиеся после затвердевания материнской силикатной магмы и руды, образовавшиеся под воздействием горячего газового и водного растворов на вмещающие породы. В зависимости от геохимического процесса формирования руд, в данной подгруппе выделены три класса: *позднемагматический*, *скарновый* и *гидротермальный*. В этой подгруппе как отдельные классы (по В.И. Смирнову [9]) автором не выделены альбитит-грейзеновый и колчеданный.

**Класс позднемагматических месторождений.** В силикатных магмах ультраосновного и щелочного состава, обогащенных летучими соединениями, металлы и их окислы кристаллизуются при низких температурах после затвердевания главной массы породообразующих силикатов. Учитывая состав материнского источника, с которыми

связаны промышленные руды, в данном классе нами выделены два генетических типа месторождений: *ультраосновной позднемагматический и щелочной позднемагматический*.

**Класс скарновых месторождений.** Основной геохимический процесс, при котором образуются рудные минералы этого класса – метасоматоз, происходящий в самом остывшем интрузиве или, часто, во вмещающей породе под воздействием горячего газовой-водного раствора и термальное воздействие горячего интрузива на окружающие породы. В связи с этими особенностями происхождения руд, в данном классе можно выделить два генетических типа месторождений: *контактово-метасоматический и, контактово-термальный*.

В контактово-метасоматическом генетическом типе в зависимости от состава скарнирующихся вмещающих пород и от состава высокотемпературного газовой-жидкого раствора можно выделить следующие виды: *известковый, магнезиальный, силикатный и альбитит-грейзеновый*. Последний обособлен нами в связи со специфичностью калий-натриевого метасоматоза, происходящего, в основном, в кислом интрузиве со щелочным уклоном и частично во вмещающих породах. Как было упомянуто выше, последний вид В.И. Смирновым [8] был выделен как отдельный класс в группе постмагматических месторождений.

**Класс гидротермальных месторождений.** Учитывая источник раствора и особенности условий минералообразования, в этом классе можно выделить следующие типы месторождений: *плутоногенный гидротермальный, вулканогенный гидротермальный, колчеданный и метаморфогенно гидротермальный*.

**Группа метаморфогенных месторождений.** В настоящее время отсутствуют разработанные классификации метаморфогенных месторождений. По нашей классификации месторождения, образующиеся на контакте с интрузивными породами, отнесены к скарновому классу. Поэтому здесь остается подразделение только регионально-метаморфогенных месторождений. В зависимости от исходного состава метаморфизируемой породы и от состава конечной метаморфизованной породы, выделяются два класса месторождений: *метаморфический и метаморфизованный*.

К **классу метаморфических месторождений** относятся промышленные месторождения, образовавшиеся в результате метаморфизма пород, не имевших до этого промышленного значения.

**Класс метаморфизованных месторождений.** Когда руда, в основном осадочного происхождения, подвергаясь региональному метаморфизму, не теряет свое первоначальное промышленное значение, то месторождение следует называть метаморфизованным. Многие минералы при метаморфизме перекристаллизовываются, руды становятся компактными, количество вредных примесей, как правило, уменьшается по сравнению с первоначальным содержанием, но физико-химические и промышленные свойства руд после метаморфизма не изменяются.

**Серия экзогенных месторождений** по условиям образования связана с геохимическими процессами, протекающими в поверхностной зоне Земли. На поверхности и в приповерхностной части земной коры осуществляются два вида экзогенных процессов: выветривание и осадконакопление с образованием скоплений определенных минералов. В связи с этим экзогенная серия подразделяется на две группы месторождений: *выветривания и осадочную*.

**Группа месторождений выветривания.** Комплексы горных пород, ранее прошедшие испытания физических параметров в глубинных условиях, попадая в приповерхностные части земной коры, претерпевают изменения минерального состава в результате химического и физического выветривания. В зависимости от физико-химических свойств

минералов, составляющих рудное тело, могут образовываться три класса месторождений: *инфильтрационный, остаточный и россыпной*. Выделение автором третьего класса в этой группе является новым (в отличие от других ученых) образованием и связано с тем, что на определенной стадии выветривания горных пород и руд образуются скопления минеральных образований или самородных элементов среди рыхлых образований. Они могут находиться над коренными источниками или вблизи от них, и разрабатываться как месторождения полезных ископаемых.

**Класс инфильтрационных месторождений.** Рудные тела этого класса образуются при выветривании коренных месторождений, сложенных химически неустойчивыми минералами. Из рудной залежи растворяются в воде, выносятся в виде растворов рудные минералы и осаждаются в виде нерастворимых соединений в так называемых «геохимических барьерах». Выделение генетических типов в данном классе представляется невозможным.

**Класс остаточных месторождений.** Эти месторождения образуются при выветривании коренных рудных тел. Из коренного рудного тела растворяются и выносятся за его пределы водными растворами нерудные минералы, коренная залежь самой природой обогащается рудными минералами в основном инфильтрационным путем. Вследствие сложности химизма генетические типы этого класса не выделяются.

**Класс россыпных месторождений,** как было выше отмечено, формируется вследствие концентрации ценных минералов и самородных металлов среди рыхлых образований коры выветривания. В зависимости от вида воздействующего экзогенного процесса на обломочный материал формирующего россыпь, в этом классе можно выделить *элювиальный, делювиальный, пролювиальный, гляциальный, эоловый и речные аллювиальные генетические типы*.

**Группа осадочных месторождений.** Осадочные месторождения полезных ископаемых образуются на дне континентальных и морских водоемов, в результате накопления рудных минералов в виде нерастворимых осадков. В зависимости от условий осадконакопления, в этой группе выделены три класса: россыпной, химический и биохимический. Выделение в этой группе вулканогенно-осадочного класса нам представляется лишним, так как образование нерастворимых соединений и их осаждение на дне из изверженного вещества – химический и гидротермальный процессы, поэтому такие руды можно отнести к классу химических осадочных и вулканогенно-гидротермальных месторождений. Последний нами выделен как *колчеданный* генетический тип в гидротермальном классе.

**Класс россыпных месторождений.** Месторождения россыпей формируются вследствие концентрации ценных минералов среди рыхлых осадочных образований на дне водоемов, т.е. образуются в процессе разрушения и переотложения ценного вещества коренных пород и руд силой движения воды. В зависимости от условий накопления полезных ископаемых в этом классе можно выделить следующие генетические типы месторождений: *континентальная россыпь, морская россыпь*.

**Класс химических осадочных месторождений.** Продукты выветривания горных пород переносятся в виде истинных или коллоидных растворов, образуют осадочные горные породы на дне конечного водоема, среди которых могут концентрироваться минералы, имеющие промышленное значение. В зависимости от места скопления руд в этом классе можно выделить два генетических типа: *континентальный осадочный и морской осадочный*.

**Класс биохимических осадочных месторождений.** К биогенным или биохимическим осадочным месторождениям относятся руды, возникшие в результате переработки отложения остатков вымерших живых организмов или растений. В зависимости



от типа бассейна осадконакопления также можно выделить два генетических типа месторождений: *континентальный биохимический и морской биохимический*.

### Литература

1. Бетехтин А.Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. // В кн.: Основные проблемы в учении о магматических рудных месторождениях. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 122-275.
2. Годлевский М.Н. Магматические месторождения. // В кн.: Генезис эндогенных рудных месторождений. М.: Недра, 1967. С. 7-73.
3. Котульский В.К. О магматических и гидротермальных месторождениях. Изв. АН СССР. Сер. геол.. 1947. № 5. С. 147-148.
4. Моралев В.М., Емельянов А.А. Карбонатитовые месторождения индийской платформы (флюорит, апатит, вермикулит). М.: ВИЭМС, 1973. С. 32.
5. Обручев В.А. Рудные месторождения. М.-Л.-Новосибирск: Н.-Техн. Горно-геол. нефть. Изд-во, 1934. 595 с.
6. Павлов А.Г. Метаморфогенные месторождения. Якутск: Якутский госуниверситет, 1995. 78 с.
7. Павлов А.Г. Происхождение месторождений. Новосибирск: Наука, 2005. 250 с.
8. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1962. 669 с.
9. Смирнов В. И. Геология рудных месторождений М.: Недра, 1982. С. 419-545.
10. Татаринов П.М., Магакьян И.Г. Опыт классификации постмагматических месторождений // Записки Всесоюзн. минер. об-ва. 1949. №3. С. 14-16.
11. Усков М.Н. Карбонаты месторождений и проявлений апатита Алданского щита. // В кн.: Эндогенные карбонаты Якутии. Новосибирск: Наука, 1980. С. 55-83.
12. Ферсман А.Е. Пегматиты. Изд-во АН СССР, 1940.

## О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ ШУРФОВ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Попов Г.И., Скрыбин Р.М., к.т.н., профессор,  
Горно-геологический институт ЯГУ, г. Якутск  
Шерстов В.А., д.т.н., профессор,  
Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск

Месторождения криолитозоны отличаются некоторыми специфическими особенностями, характерными для аллювиальных отложений зоны тундры. Основное отличие в них заключается в криогенных особенностях строения мерзлых рыхлых отложений террас и террасоувалов. Как правило, в верхней части склоновых отложений залегает толща литологически однородных льдистых пылеватых суглинков. Главной особенностью склоновых отложений является наличие в них ледяных жил различной мощности и ориентации. Покрывающие отложения имеют четкую границу с подстилающими аллювиальными отложениями, которые представлены преимущественно галечно-щебнистым материалом, цементированным песчано-глинистым заполнителем [1].

Мощность многолетней мерзлоты колеблется 200-300 м. Температура пород на глубине 20 м —  $-7,2 \div -7,8^{\circ}\text{C}$ .

Одним из основных способов проведения поисковой и детальной разведки россыпей Заполярья является проходка шурфов, которая осуществляется в большинстве случаев буровзрывными работами, реже на «пожог» и «проморозку».

Отложения высокой поймы и надпойменных уровней вскрываются шурфами сечением 1x2 м с применением буровзрывных работ: бурение шпуров производится электросверлами СЭР-19, в качестве взрывчатого вещества используется аммонит БЖВ. Глубина шпуров 0,7-0,8 м, диаметр – 42 мм, количество шпуров 8, КИШ-0,85, расход ВВ на цикл – 3,4 кг.

Уборка отбитой горной массы производится вручную, подъем горной осуществляется ручными воротками и бадьями емкостью 0,02-0,04 м<sup>3</sup>.

Шурфы, предназначенные для вскрытия и опробования отложений русла, кос и низкой поймы, проходятся вручную без применения буровзрывных работ – способом на «пожог» с предварительным промораживанием пород.

Проходка шурфов в продуктивных галечниках, которые находятся в обводненной талой зоне также производится с опережающей проморозкой галечников, после чего путем кострения дровами оттаивается слой, который вручную уже отбирается в пробу.

При большой (более 1,5 м) глубине русла, не позволяющей проморозить водный горизонт естественным способом, применяется искусственное ускорение процесса проморозки путем вмораживания вертикальных труб диаметром 60 см из сваренной по торцам бочкотары для создания циркуляции холодного воздуха на всю глубину выработки путем подачи в них холодного воздуха с помощью ручного вентилятора. Следует отметить, что этот способ незначительно ускоряет процесс проморозки.

Основные недостатки приведенной технологии: ручной труд, пассивный характер проморозки обводненных пород с низкой производительностью труда, зависимость промерзания от температуры наружного воздуха, необходимость заготовки большого объема дров, а также высокая вероятность затопления проходимых шурфов.

При недостаточном проветривании выработки этот способ проведения опасен в виду возможности отравления угарными газами горнорабочих. Обычно на один пожар расходуется 0,2-0,3 м<sup>3</sup> дров.

При оттайке пород пожаром в течение 5-6 ч глубина оттаявшего слоя составляла 0,20-0,25 м. Средний расход дров на оттайку 1 м<sup>3</sup> породы составляет 0,4 м<sup>3</sup>.

При упомянутых способах проходки шурфов достигнуто следующее. Средняя скорость проходки шурфов буровзрывным способом составляет в среднем 1,4-1,5 п.м. на 1 человека в день. При проходке шурфов на «пожог» скорость проходки составляет в день в среднем 0,38 п.м/чел., т.е. почти в 4 раза ниже, чем при буровзрывном способе. При этом время проходки шурфов при одних и тех же месячных объемах проходки 200 м<sup>3</sup>, или 100 п.м при буровзрывном способе, составляет 8-10 дней при численности бригады 6 человек, при использовании способа на «пожог» количество дней проходки увеличивается до 28-30 дней при численности бригады 8 человек, т.е. продолжительность проходки шурфов на «пожог» почти в 3 раза больше, чем при буровзрывном способе.

При ежегодном увеличении объема шурфовочных работ, проблема совершенствования технологии проходки шурфов приобретает актуальное значение. В первую очередь это касается изыскания эффективных и безопасных способов разрушения многолетнемерзлых пород. В зарубежной и отечественной практике строительных и геологоразведочных работ известны случаи механического разрушения твердых пород с крепостью до 6-7 по шкале Протодяконова М.М. с помощью отбойных молотков.

Теоретические расчеты по обоснованию целесообразности ударного разрушения дисперсных горных пород, представляющих сложную многокомпонентную среду, были впервые; проведены профессором А.Н. Зелениным [2] - создателем физических основ теории разрушения грунтов различными механическими способами.

На основании анализа паспортов прочности мерзлых пород им было установлено, что при  $\tau_{сдв}/\sigma_p > 1$  они могут разрушаться как хрупкие тела [2]. Хрупкость пород при этом возрастает с увеличением отрицательной температуры и скорости приложения нагрузки; усредненно можно принять, что при температурах от  $-1$  до  $-4^\circ\text{C}$  мерзлые породы пластичны, при более низких температурах они разрушаются как хрупкие тела. Даже при высоком содержании глинистого материала в гранулометрическом составе крупнообломочных мерзлых пород есть основание полагать, что при температуре ниже  $-5^\circ\text{C}$  возрастает эффективность ударного разрушения.

Институтом горного дела Севера им. Н.В. Черского совместно с Институтом горного дела СО РАН (г. Новосибирск) в течение ряда лет проводились исследования ударного разрушения многолетнемерзлых горных пород. Исследования велись с целью определения возможности разрушения мерзлых крупнообломочных пород механизмами ударного действия с последующей разработкой и созданием добычных механизмов для условий россыпных шахт Севера [3,4,5].

В результате проведенных НИР и ОКР, был сконструирован пневмомолот крупного скола. Натурные испытания были проведены на одной из шахт ГОКа «Куларзолото» ПО «Якутзолото» [5].

На основании проведенных экспериментов по разрушению уступа мерзлых дисперсных горных пород пневмомолотом ПН-1300, навешенного на стреле экскаватора ЭО-2621, были сделаны следующие выводы [4,5].

1. Доказана принципиальная возможность ударного разрушения мерзлых дисперсных горных пород. Процесс разрушения, сопровождался отделением крупных кусков и образованием борозды с большим развалом, что свидетельствует о склонности данных пород к хрупкому разрушению.

2. Конструкция пневмомолота ПН-1300 отличается простотой и надежностью в работе и рекомендуется в качестве исполнительного органа для разрушения мерзлых горных пород.

Не менее интересен опыт ускоренной разведочной оценки месторождения россыпных алмазов «Маят», расположенного в Анабарском улусе Якутии [6]. С целью уточнения и наращивания запасов алмазов по россыпи р. Маят предприятием ООО «Алмазы Анабара» были проведены детальные геологоразведочные работы с использованием ударных устройств (гидромолотов МГ-300).

Для проходки траншей геологоразведочного назначения с соблюдением заданного сечения были выбраны экскаваторы, выпускаемый ОАО «Тверской экскаватор» ЕК-18 и ЕТ-25 с емкостью ковша 1 и  $1,25 \text{ м}^3$ .

Обоснованием возможности проходки траншей экскаватором послужили неглубокое залегание продуктивного пласта от дневной поверхности, в основном до  $2,5-3,0 \text{ м}$ , а также однородный литологический состав пород, отвечающий по категории проходимости (разрушения) для рыхления гидромолотом (пикой), установленным на экскаваторе.

Проходка траншеи осуществлялась на русловых участках месторождения в зимне-весенний период года. Ширина траншеи по подошве  $1,2 \text{ м}$  (равная ширине ковша экскаватора), глубина до  $5 \text{ м}$ . Поперечное сечение траншеи было правильной формы, близкой к прямоугольной, что обеспечивало естественное соотношение материала из верхних и нижних слоев продуктивного пласта.

Технологический процесс проходки траншеи испытывался в двух вариантах [6]. Первый вариант - когда экскаватором ЕТ-25 с навесным гидромолотом производится рыхление грунта, а экскаватор ЕК-18 ковшом вынимает разрыхленный грунт; второй - когда используется один экскаватор с навесным гидромолотом, который вначале производит

рыхление грунта, после чего снимается гидромолот, навешивается ковш и производится выемка разрыхленного грунта. Замена гидромолота ковшом занимает 15-20 мин.

Таким образом, внедрение проходки траншей с применением экскаваторов с навесным гидромолотом (по сути, ударный способ разрушения мерзлых пород) позволило повысить достоверность опробования участков месторождения и ускорить проведение геологоразведочных работ.

В этой связи одним из основных направлений совершенствования технологии шурфопроходческих работ является изучение возможности применения отбойных молотков в качестве технического средства для механического разрушения мерзлых крупнообломочных пород с крепостью 5-6.

С точки зрения комфортности и безопасности работ преимущество способа проходки шурфов с помощью отбойных молотков перед «пожогом» не вызывает сомнений. Как уже выше отмечено, сам по себе процесс проходки на «пожог» носит пассивный характер труда и является трудоемким технологическим процессом. Но самое главное - условия труда шурфопроходчиков не безопасны и не отвечают гигиеническим требованиям в связи с происходящими в шурфе термодинамическими процессами (высокая температура в забое, значительный перепад температур в выработке и на поверхности, оттайка и промерзание пород), а также запыленность и задымленность шахтного воздуха.

Наличие в забое оттаявшей горячей породы с температурой 50-70°C требует наличия резиновых калош, которые должны одеваться на валяную обувь во избежание ее прогорания.

Для проходки шурфов на «пожог» необходимо заготовить большой объем дров. Вырубается лес на территории, прилегающей к горно-разведочному участку, при транспортировке трактором леса до разведочной линии нарушается почвенный слой, чем наносится определенный ущерб земельным ресурсам.

Поэтому при оценке экономической эффективности того или иного способа проведения шурфов, кроме производственных ресурсов, необходимо учесть и влияние проводимых геологоразведочных работ на природную среду.

Внедрение новой техники и технологии горно-разведочных работ требует времени для достижения отлаженной работы всей технологической цепочки проходки шурфов и приобретения навыков, опыта, квалификации, согласованных действий всех членов бригады проходчиков.

### **Литература**

1. Шерстов В.А. Проведение подземных горно-разведочных выработок при разведке россыпных и рудных месторождений области многолетней мерзлоты. Якутск: ЯГУ. 100 с.
2. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. М.: Изд-во горного машиностроения, 1968. 375 с.
3. Федулов А.И., Иванов Р.А. Ударное разрушение мерзлых грунтов. Новосибирск: Наука, 1975. 134 с.
4. Слепцов А.Е., Елшин В.К., Марков В.С. и др. Перспективы создания поточной технологии на основе ударного разрушения многолетнемерзлых горных пород пневмомолотом ПН-1300 // Колыма. 1982. №11. С.7-9.
5. Федулов А.П., Лабутин В.Н., Марков В.С. и др. Ударное разрушение многолетнемерзлых горных пород // Научные основы механизации открытых и подземных горных работ: Сб.науч.тр. / ИГД СО АН СССР. Новосибирск, 1983. С. 125-131.
6. Евсеев М.Н., Андреев И.П., Карху А.А. Опыт ускоренной оценки россыпного месторождения алмазов в Арктической зоне Якутии / Вестник Госкомгеологии РС (Я). 1(4). 2003. С. 77-80.

**ДОМЕЗОЗОЙСКИЙ МАГМАТИЗМ ИНДИГИРО-КОЛЫМСКОГО РЕГИОНА**

Рукович В.Н., к.г.-м.н., доцент, Колодезников И.И., д.г.-м.н., профессор,  
Якутский государственный университет, г. Якутск, rukovich\_nid@mail.ru

Одной из актуальных задач современных региональных геологических исследований является изучение закономерностей формирования земной коры. В этом отношении Индигиро-Колымский регион (ИКР) занимает ключевую позицию в проблеме познания истории формирования земной коры Северо-Востока Азии.

ИКР, известный как Колымский массив, "Колымский треугольник", надежно скрыт от прямого наблюдения мощным мезозойско - кайнозойским осадочным покровом, и в тоже время, ИКР – чрезвычайно удобный объект, поскольку в его пределах обнажены породы, имеющие возраст от раннего протерозоя до кайнозоя включительно. Поэтому в отношении его геологической природы существуют самые разнообразные, нередко противоречивые, а то и взаимоисключающие мнения.

Одним из достоверных методов воссоздания истории геологического развития региона является анализ проявлений разновозрастного магматизма как индикатора геодинамических режимов формирования и преобразования земной коры.

Имеющийся фактический материал позволил проанализировать вертикальные ряды магматических образований и, согласно существующим представлениям, рассмотреть их как магматические образования метаморфического фундамента и магматиты, инъецированные в осадочный слой.

Магматические образования метаморфического фундамента ИКР формировались в два этапа: раннепротерозойский и позднепротерозойский. Каждый из выделенных этапов характеризуется своим, собственным типом индикационных тектонических структур: для раннепротерозойского этапа это - зеленокаменные пояса; для позднепротерозойского - вулcano-плутонические пояса.

Фрагменты ареального нижнепротерозойского зеленокаменного пояса вскрываются в многочисленных выступах фундамента на Алазейском, Полоусненском и Приколымском поднятиях. Здесь устанавливаются сходные по составу и условиям метаморфизма осадочно-вулканогенные комплексы. Наиболее полно разрез вскрывается на Приколымском поднятии, где в основании залегает гипербазит-базитовый комплекс, в средней части – осадочно-вулканогенный и в верхней - терригенный. На Алазейском поднятии обнажаются только осадочно-вулканогенный и терригенно-вулканогенный комплексы. В Уяндинском блоке вскрываются образования нижнего гипербазит-базитового и среднего осадочно-вулканогенного комплексов. На Алазейском поднятии осадочно-вулканогенные толщи прорваны гранитоидами тоналит-плагиогранитного комплекса.

Общность тектонических условий формирования зеленокаменных толщ Алазейского, Приколымского и Полоусненского поднятий подчеркивается сходством химических составов гипербазитов и базитов, отсутствием в разрезах вулканических пород среднего и кислого состава, а раннепротерозойские высокомагнезиальные базальты рассматриваемого региона близки к коматиитам, что характерно для зеленокаменных поясов. В отличие от узких и протяженных зеленокаменных поясов Сибирской платформы, Индигиро-Колымский пояс имеет ареальное развитие, что объясняется большим его раскрытием в условиях мощной континентальной сиалической литосферы.

Начало вулканизма на рассматриваемой территории было вызвано заложением на протокодре системы субмеридиональных, северо-западного направления, глубинных

разломов, расколовших сиалическую кору серогнейсового состава. Аналогичные процессы происходили на Омолонском, Охотском массивах и на Алданском щите. С наиболее глубокими разломами связано излияние высокомагнезиальных лав типа оливиновых толеитов, а так же кварцевых толеитов. Сравнение высокомагнезиальных базальтов (базальтовых коматиитов) и кварцевых толеитов Алазейского поднятия с базальтами различных геодинамических обстановок показывает, что рассматриваемые породы наиболее близки с океаническими и толеитовыми базальтами континентальных рифтовых зон и существенно отличаются от базальтов островных дуг.

Раннепротерозойский этап завершился внедрением интрузивов тоналит-плагиогранитного состава, складчатými деформациями, метаморфизмом и частичной инверсией. Слоистые толщи всех изученных разрезов смяты в сложные складки, преимущественно северо-западного и субмеридионального направлений. Устанавливаются четыре этапа тектонических деформаций и два этапа низкоградиентного метаморфизма повышенных давлений.

В последующую тектоническую эпоху архейско-протерозойская континентальная кора претерпела различные по генезису деструктивные преобразования. Речь, в первую очередь идет о формировании на архейско-протерозойском фундаменте внутриконтинентальных вулканогенных поясов.

Режим сжатия, тектонического скупивания и внедрение гранитоидов снизили проницаемость земной коры, что привело к относительной консолидации и ослаблению вулканической деятельности. Это способствовало локализации значительных объемов магмы в промежуточных очагах земной коры.

Магматическая деятельность позднепротерозойского этапа характеризуется развитием магматических пород в обстановке протоорогенеза – трахибазальтов, существенно натровых дацитов, риолитов и калинатровых гранитов и лейкогранитов. Появление в составе земной коры региона риолитов и калинатровых гранитов характеризует позднепротерозойский (алгомский) этап кратонизации и подтверждает существование сиалической коры гранито-гнейсового состава, в результате плавления которой могли образоваться кислые породы.

Сопоставление вулканических комплексов раннепротерозойского и позднепротерозойского возраста позволяет определить тенденцию эволюции их состава в процессе кристаллизационной дифференциации. Для вулканических пород раннепротерозойского возраста направление дифференциации характеризуется высоким темпом накопления железа, при незначительном увеличении содержания кремнезема и щелочей. Такое направление эволюции обычно имеют толеитовые серии пород, которые в докембрийских зеленокаменных поясах называются коматиит-толеитовыми.

Для позднепротерозойского этапа вулканической деятельности на Алазейском поднятии характерен известково-щелочной тренд, заключающийся в накоплении кремнезема и щелочей.

В докембрийских гранитоидах Алазейского поднятия также наблюдается два обобщенных тренда. Для раннепротерозойских гранитов характерен тоналит-трондьемитовый тренд, а для позднепротерозойских – известково-щелочной.

Общей характеристикой докембрийского магматизма региона является толеитовая направленность в раннепротерозойский этап, гомодромная последовательность, смена натриевых серий калинатровыми, появление пород известково-щелочной серии на заключительном этапе. Такая тенденция характерна для структур кратонного типа.

Для магматитов инъецированных в осадочный слой, выделяются три этапа: раннепалеозойский (O-S) – каледонский; среднепалеозойский (D-C<sub>1</sub>); позднепалеозойский-раннемезозойский (C<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>).

Раннепалеозойский магматизм связан с активизацией в начале ордовика крупных разломов Индигино-Колымской группы – Арга-Тасский, Улаханан, Половино-Каменский и др., появилась система узких котловин, грабенов и разделяющих их, столь же узких поднятий [2], произошло заложение Арга-Тасской рифтовой зоны. Возникшие грабены заполнялись красноцветными грубообломочными отложениями со значительной примесью вулканогенного материала. Продукты вулканической деятельности характеризуются весьма высоким содержанием K<sub>2</sub>O (от 2,0 до 9,0 %). В результате сформировалась последовательно дифференцированная ассоциация высококалиевых шошонитов-муджиеритов-лейцитсодержащих фонолитов-трахитов. Вероятнее всего, высококалиевый щелочной вулканизм приурочен к окраине развивающейся рифтовой зоне.

Среднепалеозойские магматические комплексы представлены двумя ассоциациями магматических пород: 1- парагенетически связанной с палеопрогибями; 2 - парагенетически связанной с палеоподнятиями. Первая из них представлена преимущественно субщелочными и толеитовыми базальтами и наиболее полно и представительно изучена в качестве типового примера режима развития так называемых древних рифтовых зон (палеорифтов). Это увязкинский, белоноченский и другие близкие им комплексы Индигино-Колымского региона.

Данные вулканические серии, включая их интрузивные комагматы – разнообразные по форме силлы, хонолиты и дайки, компактно локализованы в узких линейных, протяженных на сотни километров структурах. Они сравнительно легко идентифицируются в наблюдаемом магнитном поле и контрастно отличаются по внешнему облику и своим физическим свойствам от вмещающих осадочных пород. Поэтому ареолы их распространения оконтурены весьма точно, а вещественный состав изучен достаточно детально и проинтерпретирован на представительном уровне. Большинство исследователей сходятся во мнении, что рассматриваемые базальтоидные комплексы принадлежат к так называемым инициальным магматитам, предваряющим развития крупных тектономагматических циклов регионального и надрегионального ранга.

В среднем девоне вулканизм охватывает значительную часть Арга-Тасской рифтовой зоны, причем состав его на различных участках неодинаков. В юго-западной оконечности зоны в Ясаченском блоке формируется ассоциация субщелочных и толеитовых базальтов. В центральной части Арга-Тасской рифтовой зоны, в Увязкинском блоке, в среднем девоне формируется осадочно-вулканогенная толща, имеющая двухчленное строение. Нижняя часть терригенно-флишоидная, верхняя – вулканогенная, сложенная шаровыми и канатными лавами основного состава, излившихся в подводных условиях. По химическому составу принадлежат к толеитовой натриевой серии и характеризуются исключительно низким содержанием K<sub>2</sub>O и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Среднедевонский вулканизм в осевой части Арга-Тасской зоны по характеру вулканизма и составу базальтов весьма схож с аналогичными образованиями осевой зоны Красноморского рифта [1].

Среднепалеозойский возраст имеет Томмотский массив расположенный в Уяндинском блоке Полоусненского поднятия. Он сложен щелочными породами пестрого состава от ультраосновных фоидолитов до лейкократовых щелочных сиенитов с преобладанием габброидов и сиенитов.

Таким образом, Арга-Тасская зона достигает в своем развитии стадии межконтинентальных рифтовых зон в трактовке Е.Е. Милановского [3], когда ее осевая часть обладает корой близкой к океанической, а "плечи" – типичной континентальной корой.

Совершенно иначе дело обстоит со второй ассоциацией пород. Она представлена наземными вулканитами кислого состава и их плутоническими комагматами – штоками, дайками и жилами. В местах своего массового развития они образуют вулканоплутонические пояса большой протяженности, не связанные с геосинклинальным развитием. Для среднепалеозойской эпохи – это Охотско-Омолонский, Алтае-Саянский, Центрально-Казахстанский и некоторые другие линейные структуры Северной Евразии. Такие пояса достаточно хорошо прослеживаются в наблюдаемом поле силы тяжести по характерным полосовым минимумам и весьма детально оконтурены в пространстве методами тектонической картографии и космической съемки. Но с ними также связаны территориально изолированные и разобщенные между собой локальные ареалы кислых пород, нередко образующие значительные по площади покровы, перекрытые плащом более молодых осадочных толщ – верхнепалеозойских и мезозойских.

Геологическая диагностика таких ареалов весьма затруднительна, а установление их тектонической природы связано с решением сложных задач по корреляции магматических комплексов. Очень часто такие задачи из-за неравномерного характера геологической изученности конкретной территории исследования, не имеют определенного решения, особенно в отношении многочисленных, но весьма плохо обнаженных фрагментов кислых вулканических толщ, рассеянных по заболоченной территории Алазейского плоскогорья и левобережного Приколымья. Несмотря на особое внимание к картированию кислых стратифицированных вулканитов, достоверно расчленить их на позднепротерозойские, средне – и позднепалеозойские так и не удалось. Поэтому автор убежден, что значительное число разрезов местных аналогов вулканитов Охотско-Омолонского пояса (комагматов кедонской серии) так и осталось неопознанным.

В соседнем с ИКР - Омолонском массиве развит тектонотип кедонской серии. Он имеет ключевое значение для достоверной диагностики тектонической природы не только этих двух соседствующих объектов, но и всей обширной территории Северо-Востока от Охотского кристаллического массива на юге до Олойской наложенной впадины на севере. Используя палеовулканологический подход, А.П. Шпетный [6] выявил устойчивую гомодромную тенденцию в развитии среднепалеозойского магматического процесса и наметил формационный ряд от базальтов к дацитам и риолитам характерный для орогенных поясов.

Магматические образования позднепалеозойского возраста на исследуемой территории представлены трапповой (пикрит-габбро-долерит-трахибазальтовой) формацией, представленной нятвенским комплексом на Приколымском и хапытским трахибазальтовым комплексом на Алазейском поднятиях.

На Омолонском массиве позднепалеозойские пикрит-долерит-трахибазальтовые комплексы развиты на ограниченных участках Намындыкано-Моланджинской окраинной и Гижигинской межглыбовых зон, а также на северо-востоке Рассошинского блока.

В результате компенсационного опускания в позднепалеозойское время на территории ИКР формируются трапповые впадины заполненные вулканическими и интрузивными породами основного состава.

Трапповые плато являются общепринятыми индикаторами субплатформенного режима развития территории, на которых они установлены. На карте структур верхнегерцинского мегакомплекса [5] в общем для Колымо-Омолонского массива контуре, показана Алазейско-Олойская трапповая синеклиза, а на Приколымском поднятии – Нятвенская трапповая впадина. Палеографические реконструкции позволяют считать, что в доорогенный этап покровы траппов и синхронные им вулканогенно-кластические толщи имели гораздо более широкое распространение, чем в современном денудационном срезе.



Поэтому все три известных ареала распространения траппов (Алазейский, Олойский и Нятовский) возможно представляли собой единое магматическое плато.

Для траппов перечисленных палеодепрессий характерны: высокая титанистость ( $TiO_2$  от 1,56 до 5,39%) и магнезиальность ( $MgO$  до 10-20%) Отмечается принципиальное сходство интрузивных пород Нятовской впадины с интрузивным базитовым магматизмом северо-западной части Сибирской платформы, что, вероятно, свидетельствует о тождественности тектонического режима и магматизма в указанных районах. В обоих случаях это - краевая часть древней платформы [4].

В позднем палеозое, после герцинской кратонизации, в ИКР, как и на западе Сибирской платформы (Тунгусская синеклиза) происходили масштабные внедрения пластовых интрузий базальтов одинаковой геохимической специализации. Это свидетельствует о значительной конвергентности тектонических режимов, породивших географически столь удаленные и внешне столь не похожие геоструктуры.

#### Литература

1. Атлас подводных фотографий Красноморского рифта. М.: Наука, 1983. 136 с.
  2. Булгакова М.Д. Роль конседиментационных разломов в развитии ранне-среднепалеозойской палеогеографии // Отечественная геология. 1998. №6. С. 18-21.
  3. Милановский Е.Е. Рифтовые зоны континентов. М.: Недра, 1976. 276 с.
  4. Рукович В.Н., Колодезников И.И. Позднепалеозойские-раннемезозойские дифференцированные интрузивы Приколымского горст-антиклинария // Геология и геофизика. 1988. №10. С.8-13.
  5. Структура и эволюция земной коры Якутии. М.: Наука, 1985. 248 с.
- Шпетный А.П. Палеозойский магматизм и его значение в истории развития мезозойда Северо-Востока СССР // Магматизм Северо-Востока Азии. Магадан, 1975. Ч. 2. С. 5-15.

УДК 553.412.(571.56)

### ДЕСТРУКТИВНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ

Фарбер М.Р., к.г.-м.н., профессор, Кулагина Л.А., к.г.-м.н., доцент,  
Горно-геологический институт ЯГУ, г. Якутск

Объектом исследований послужили разрывные нарушения, широко распространенные на всей территории Верхояно-Колымской орогенной области. Понятие о разломах как самостоятельных структурах появилось сравнительно недавно. Первые попытки выделения крупных дислокаций связаны с именами В.А. Обручева, Э. Зюсса, Г. Шнитке, Г. Клосса и других исследователей.

В 70-х годах значительную роль в изучении разломов стали играть тектонофизические исследования, позволяющие понять их динамику и кинематику. В 80-е годы исследователей начинают интересовать внутреннее строение разломов как сложно построенных объемных геологических тел. Это было связано с необходимостью решения задач чисто прикладного характера.

Исходя из современных представлений, разломы представляют собой производные двух типов процессов одновременно: 1) отражают длительную историю геологических процессов, преобразований участка земной коры; 2) являются производными физического процесса разрушения земной коры, которые подчиняются определенным физическим законам. Оба этих процесса теснейшим образом связаны между собой и обуславливают друг

друга. Разлом можно оценивать не только как границу между блоками земной коры, но и как «специфическое геологическое тело с определенным стилем структурно-вещественной организации, возникшее в результате линейной деструкции коры» [3]. В тех случаях, когда речь идет о внутренней организации разлома, мы будем использовать понятие «зона динамического влияния разлома» (ЗДВР) [3]. Она определяется механизмом формирования разлома и движения по нему. В пределах ЗДВР горные породы подвергаются механическим (дробление, брекчирование, рассланцевание), геологическим (изменение физических свойств с глубиной), петрографическим (метаморфизм разных стадий) и структурным (разрывы оперения, приразломная складчатость, будинаж) изменениям.

Границы зоны динамического влияния могут характеризоваться изменением плотности сопутствующих разрывов, снижением интенсивности приразломных деформаций. По определению С.И. Шермана [6], под динамической зоной влияния разлома понимается часть пространства, окружающего разлом во всех трех измерениях, на котором проявляются остаточные и упругие следы деформаций, вызванные формированием разлома и подвижками по нему. Таким образом, серия отдельных сближенных нарушений большой протяженности создает серию областей динамического влияния, которые могут накладываться друг на друга, образуя общую динамическую зону, имеющую общую границу и внутреннее строение, где могут быть выделены участки различной степени деструкции.

Разломы Верхояно-Колымской орогенной области закартированы в основном геологическими методами и разделены на четыре категории [2, 4]. К первым трем отнесены генеральные и региональные разломы протяженностью от сотен до тысяч километров. Пример таких разломов – краевые швы, отделяющие Сибирскую платформу от областей мезозойд, пограничные разломы, разделяющие Верхояно-Колымскую область и Новосибирско-Чукотскую систему, межблоковые разломы отдельных крупных структурных элементов (горст-антиклинорий, синклинорий, антиклинорий и т.д.). Разломы этих трех категорий по своим признакам отнесены к глубинным.

К четвертой категории относится большое количество локальных разломов [3] длиной от сотен метров до десятков километров, оперяющих или сопутствующих крупным разломам или осложняющих складчатые структуры.

Разломы Верхояно-Колымской орогенной области сформировались и приобрели свой морфологический облик в позднем мезозое в коллизионный этап развития и сгруппированы в системы с различными динамическими условиями образования [4]. Интенсивное широтное сжатие, связанное с условиями коллизии, действующей длительное время, закономерно приводит к разрушению значительных объектов литосферы с возникновением деструктивных зон, являющихся производной совокупного действия складчатости, физико-химических свойств пород и зон динамического влияния разрывных нарушений.

Степень деструкции земной коры определяется интенсивностью разрушения ее трещинами и разноранговыми разломами, что приводит к формированию участков самых различных иерархических уровней. Наиболее низкий уровень деструкции хорошо фиксируется в естественных обнажениях, где можно выделить как «хаотическую» трещиноватость, так и системы трещин. Для выделения деструкционной зоны земной коры (ДЗЗК) того или иного масштабного уровня необходимо задаться степенью деструкции. При этом относительная степень деструкции в обнажениях и на больших площадях оценивается различными единицами измерения.

В результате проведенных исследований на территории Верхояно-Колымской орогенной области выделен ряд деструктивных зон, имеющих следующие различия: степень деструкции; размеры и очертания в плане; ориентировка.

Выделенные деструктивные зоны на территории Верхояно-Колымской орогенной области распространены неравномерно. Их наибольшая концентрация отмечена во внешней части Верхоянского складчато-надвигового пояса вдоль границы с Сибирской платформой, к югу переходящей в деструктивную зону Сетте-Дабана, и ряд отдельных ДЗЗК Южного Верхоянья. Другая полоса ДЗЗК расположена во внешней части Верхоянского складчато-надвигового пояса и приурочена к участку сочленения его Янского сектора с Кулар-Нерским сланцевым поясом и окраинными структурами внутренней зоны Верхояно-Колымской орогенной области – Иньяли-Дебинской и Полуосненской. На остальной площади орогенной зоны деструктивные зоны встречаются в виде отдельных обособленных участков. В целом простираение деструктивных зон подчиняется ориентировке основных тектонических структур, т.к. их формирование связано с общими геодинамическими процессами, протекающими в поздней юре-мелу при коллизии Северо-Азиатского кратона с Колымо-Омолонским супертеррейном и Охотским террейном [4].

#### **Литература**

1. Билби Б., Эшелби Дж. Дислокации и теория разрушения. Разрушение. М.: Мир, 1973.
2. Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Колымской структуры мезозойд. М.: Наука, 1979.
3. Лобацкая Р.М. Структурная зональность разломов. М.: Недра, 1987.
4. Прокопьев А.В. Структура и эволюция Верхоянского складчато-надвигового пояса (СевероВосток Азии). Тектоника Азии. М.: ГЕОС, 1997.
5. Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Рекомендации по оценке ширины зон приразломных структурных изменений. Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН.
6. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Черемных А.В. Деструктивные зоны и разломноблоковые структуры Центральной Азии // Тихоокеанская геология. 1999. № 2. С. 41-53.

УДК 553.412.(571.56)

### **СТРОЕНИЕ ДЕСТРУКТИВНЫХ ЗОН ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ**

Фарбер М.Р., к.г.-м.н., профессор, Кулагина Л.А., к.г.-м.н., доцент,  
Горно-геологический институт ЯГУ, г. Якутск

В результате проведенных исследований на территории Верхояно-Колымской орогенной области выделен ряд деструктивных зон, (ДЗЗК) имеющих следующие различия: степень деструкции; размеры и очертания в плане; ориентировка.

Выделенные деструктивные зоны на территории Верхояно-Колымской орогенной области распространены неравномерно. Их наибольшая концентрация отмечена во внешней части Верхоянского складчато-надвигового пояса вдоль границы с Сибирской платформой, к югу переходящей в деструктивную зону Сетте-Дабана, и ряд отдельных ДЗЗК Южного Верхоянья. Другая полоса ДЗЗК расположена во внешней части Верхоянского складчато-надвигового пояса и приурочена к участку сочленения его Янского сектора с Кулар-Нерским сланцевым поясом и окраинными структурами внутренней зоны Верхояно-Колымской орогенной области – Иньяли-Дебинской и Полуосненской. На остальной площади орогенной зоны деструктивные зоны встречаются в виде отдельных обособленных участков. В целом простираение деструктивных зон подчиняется ориентировке основных тектонических структур, т.к. их формирование связано с общими геодинамическими процессами,

протекающими в поздней юре-мелу при коллизии Северо-Азиатского кратона с Колымо-Омолонским супертеррейном и Охотским террейном [2].

По размерам деструктивные зоны можно разделить на три группы: 1) локальные – длина по простиранию не превышает 10 км; в плане эти зоны уплощенные, вытянутые по простиранию, длина резко преобладает над шириной, или эллипсовидные, с близкими размерами по двум направлениям; 2) региональные – длина по простиранию 10-50 км; в плане округлые или асимметричные; 3) генеральные – длина по простиранию более 50 км; практически целиком охватывают крупную структурную единицу, как например, деструктивная зона Сетте-Дабанского антиклинория или Иньяли-Дебинского синклиория.

Внутреннее строение деструктивных зон (степень деструкции) сложное. В целом границы деструктивных зон проведены по низкой степени деструкции. Внутри этого контура выделены зоны средней, высокой, относительно высокой и в редких случаях весьма высокой степеней деструкции. Участки с повышенной степенью деструкции в основном имеют два варианта расположения: симметричное, повторяя контур общей (низкой деструкции); хаотично, образуя как бы несколько полюсов. Еще одна важная особенность – в отдельных деструктивных зонах отмечена последовательная смена степени деструкции от периферии к центру, что происходит в основном в симметричных зонах. Однако в большинстве зон отмечается несколько участков, где степень деструкции возрастает от периферии к центру. Это характерно для региональных и генеральных по размерам зон. Как было сказано выше, разломы Верхояно-Колымской орогенной области сформировались и приобрели свой морфологический вид в коллизионный этап развития региона. Однако каждый из них образовывался в различной геодинамической обстановке, что привело к возникновению различных по внутреннему строению ДЗЗК.

Деструктивная неоднородность Верхояно-Колымской орогенной области в целом и отдельных ДЗЗК, на наш взгляд, связана с сочетанием нескольких факторов: различный геодинамический режим, существовавший в отдельных блоках на фоне общего коллизионного этапа; различные физико-механические свойства пород, слагающих орогенную зону и ее отдельные блоки; различные формы складчатости и генетические типы разломов, развитые в разных блоках Верхояно-Колымского орогена. Однако в процессе формирования ДЗЗК наблюдаются и общие характерные черты, связанные с механизмом и последовательностью их становления. Поскольку ДЗЗК – производные разломов, механизм их формирования следует рассматривать как основную составляющую формирования разломов. При этом вдоль их плоскости создается зона динамического влияния, ширина которой зависит от прилагаемых усилий, физико-механических свойств среды. Внутри зоны динамического воздействия присутствуют многочисленные единичные разрывы различных рангов [3]. Существует два варианта расположения единичных разломов внутри зоны динамического влияния [1]:

1. В центральной части зоны расположены разрывы более низких рангов, чем в краевых частях, и распределение напряжений в полости зоны динамического влияния происходит при отсутствии трещинообразующих дислокаций, связывающих разноранговые трещины в этом случае зона динамического влияния разлома выдержана по мощности.

2. В центральной части зоны динамического влияния расположены разрывы более низких рангов, чем в краевых частях, но они связаны между собой зонами, компенсирующими распределение напряжений равномерно по всей площади в этом случае зона динамического влияния приобретает четко видимый облик с достаточно резким изменением мощности.

Такое строение зон динамического влияния может развиваться как по простиранию, так и по падению разрывных нарушений.

Рассматриваемые варианты образования ДЗЗК помогают понять механизм движения гидротермальных растворов. По-видимому, разломы, которые их сформировали, являются рудораспределяющими, а сами ДЗЗК играют роль рудокалцизирующих структур.

#### Литература

1. Билби Б., Эшелби Дж. Дислокации и теория разрушения. Разрушение. М.: Мир, 1973.
2. Прокопьев А.В. Структура и эволюция Верхоянского складчато-надвигового пояса (СевероВосток Азии). Тектоника Азии. М.: ГЕОС, 1997.
3. Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Рекомендации по оценке ширины зон приразломных структурных изменений. Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН.

### ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МАРКОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МАССИВА ПОРОД В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА

Черников А.Г., к.г.-м.н, ВНИИГАЗ, г. Москва,  
Гриб Н.Н., д.т.н., профессор, Технический институт (филиал) ЯГУ, г. Нерюнгри,  
Исаев Ю.С., к.т.н., ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС, г. Санкт-Петербург

В современных условиях ни одно линейное инженерное сооружение, будь то автомобильная или железная дорога, продуктопровод или другой протяженный объект, не может проектироваться, строиться и надежно эксплуатироваться без достоверных и полных инженерно-геологических материалов по профилю и окрестностям намеченной трассы. Особо возрастают требования к полноте и достоверности данных о подобных объектах, располагаемых в наиболее сложных геодинамических зонах, к которым относятся горные и предгорные районы.

При периодических проявлениях современной тектонической активности, динамических воздействий транспортных средств, гидро- и физических полей, коренные породы в основании сооружения по геодинамическим зонам подвергаются подвижкам. Вследствие этого возникают деформации и развиваются трещины различных направлений, что, в конечном счете, приводит к разрушению объекта. Таким образом, наиболее неблагоприятными по устойчивости и экологической безопасности являются инженерные сооружения, расположенные на участках с повышенной геодинамической активностью. Для полной или частичной нейтрализации негативных явлений на сооружениях требуется постоянное выполнение в больших объемах профилактических и ремонтно-восстановительных работ, сопровождающихся огромными затратами.

Аномалии физических полей над геодинамическими зонами, позволяют выделять их геофизическими методами. Методы инженерной геофизики обеспечивают площадной и объемный характер информации, однако, проведение наземных, особенно сейсмических работ, в горных районах не гарантирует получение качественного материала, адекватного понесенным затратам. В связи с этим возрастает роль дистанционных методов изучения массива горных пород, позволяющих до проведения полевых инженерно-геологических и геофизических работ, с минимальными затратами получать информацию о строении массива

Сложность проблем представления внутреннего строения геологических объектов, изучение в динамике тектонических и физико-химических процессов, привели к появлению новых методов ее изучения, объединенных общим термином – геотомография. Слово томография можно перевести с греческого как «изображение среза». Это определяет

назначение томографии – получение послойного изображения внутренней структуры объекта исследования.

При инженерно-геологическом изучении строения массива в горных районах был применен, в числе других методов исследований, метод (способ) марковской гипсотомографии [2].

Собственно, Марковская томография представляет собой новый способ обработки результатов профильных и площадных наземных, подземных и дистанционных измерений геологических, геофизических, геохимических, биохимических и др. полей с целью построения модели внутреннего строения массива горных пород (МГП), основой которого является изучение марковских свойств измеренных геополей различного генезиса. Метод защищен патентом РФ.

Суть способа состоит в следующем. Известно, что многие природные процессы (геологические процессы — не исключение), характеризуются тем, что в них наблюдается некоторое влияние предшествующих событий на последующие. Эти процессы носят название марковских [1]. Характерным для марковских процессов является то, что вероятность системы находиться в данном состоянии в заданный момент времени можно вывести из сведений о непосредственно предшествующем состоянии. Частным случаем марковского процесса является цепь Маркова - ее можно рассматривать как последовательность дискретных состояний во времени или пространстве, для которых вероятность перехода из одного состояния в заданное за последующий шаг зависит от предшествующего состояния. Марковское свойство, или марковость, представляет собой зависимость вероятности каждого перехода от непосредственно предшествующего состояния ( $S_i$ ) в момент времени ( $t_{i-1}$ ) в состояние ( $S_j$ ) в момент времени ( $t_i$ ). Наиболее ярким примером проявления марковских свойств в геологии являются чередование слоев литологических типов в стратиграфических последовательностях.

Новый способ изучения глубинного строения массива горных пород базируется на предположении о наследовании марковских свойств рельефа поверхности или каких-либо других свойств нижележащих стратиграфических горизонтов в рельефе или свойствах поверхности перекрывающих наслоений.

С позиций математической геологии это предположение заключается в следующем. Пусть имеется несколько последовательно залегающих слоев (толщ), контрастных по геолого-геофизическим свойствам. Границы разделов слоев обладают рельефом, а следовательно, и свойствами, последовательно сформированными условиями осадконакопления, эпигенезом, тектонической историей и последующей денудацией. Каждая из границ может быть математически описана в виде простой однородной марковской последовательности отметок значений свойств по множеству профилей, секущих границу. Вертикальную изменчивость марковских описаний границ разделов следует рассматривать как изменение марковской последовательности величин значений свойств на границах и считать сложной марковской цепью, укрупненной по множеству исходных состояний [1]. В этом случае, согласно теории марковских процессов, предыдущее состояние (марковость подстилающего слоя) вероятностно определяет состояние последующее — марковость покрывающего слоя. Следовательно, изучая определенным образом марковские свойства на дневной поверхности, представляется возможным получить информацию о глубинном строении массива.

Для реализации идеи выявления внутренних неоднородностей Земли используются способы измерения и регистрации свойств на дневной поверхности и система обработки, позволяющая выполнять глубинное зондирование массива путем марковского

преобразования измеренных свойств поверхности как по профилям, так и по площадям наблюдений.

Получение томограмм на основании профильных измерений осуществляется путем выполнения компьютерного анализа числовой последовательности марковских состояний осуществляется двумя окнами АВ и MN, имитирующими измерительные установки применяемые при электрическом зондировании, в интервале которых величины преобразуются в значения переходных вероятностей случайной марковской последовательности. Сравнивая серии значений в двух окнах в последовательных «пикетах» исследуемого профиля получается серия кривых, отражающих изменения марковских свойств рельефа глубинных горизонтов (рис. 1).

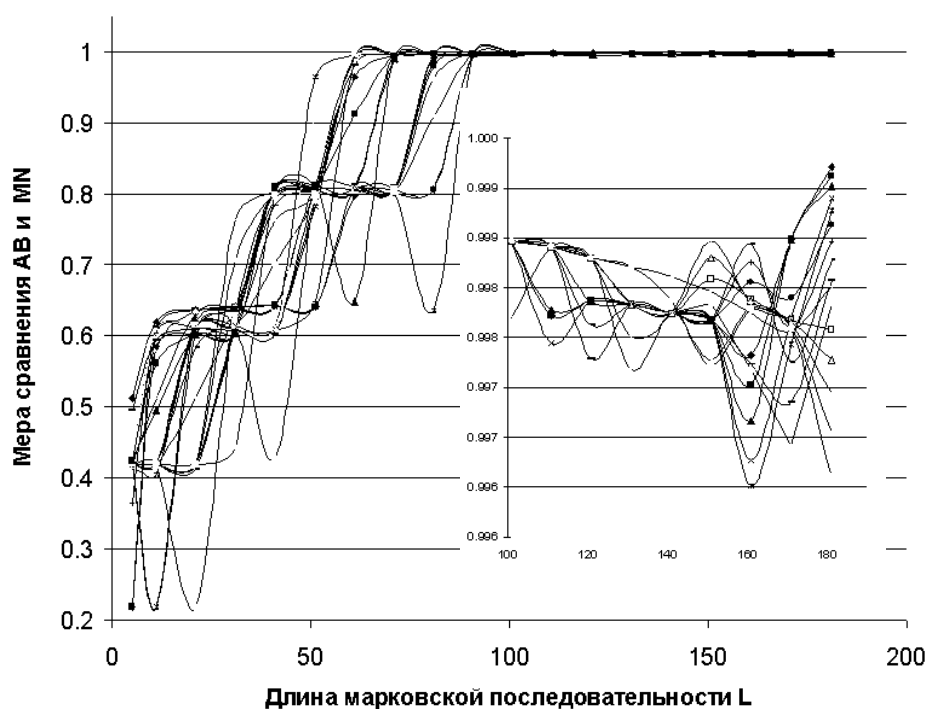


Рис. 1. Пример серии кривых зондирования, измеренных на различных пикетах профиля с нарастающей длиной последовательности

Полученные кривые после соответствующей обработки претерпевают ряд преобразований, трансформируясь в глубинные разрезы (рис. 2).

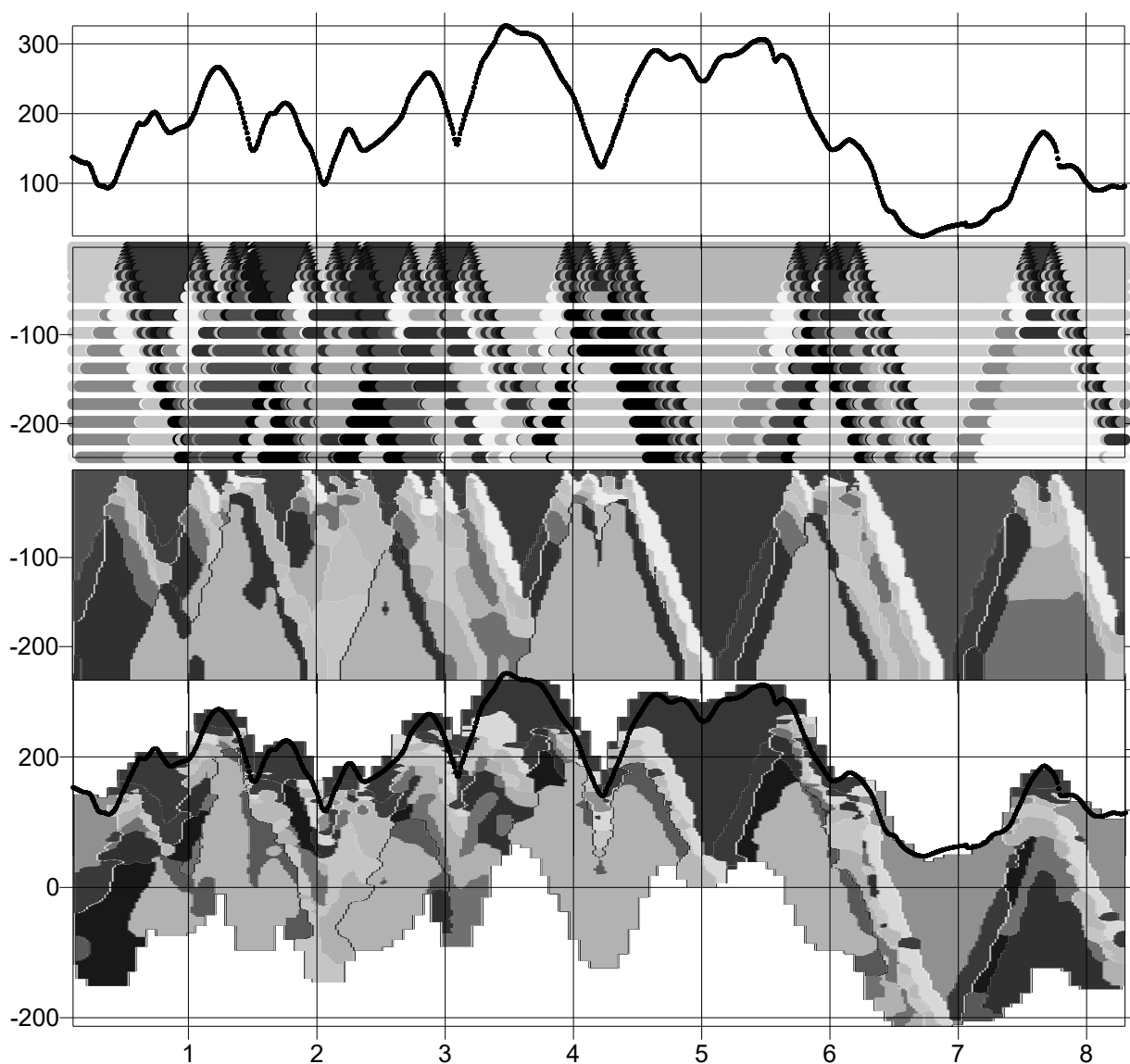


Рис. 2. Последовательность трансформаций вертикального поля марковских свойств вычисленного по измеренному рельефу местности.  $F=3$

Предложенный способ обработки является универсальным для всех типов регистрируемых полей за счет использования универсального, присущего всем типам полей свойства – марковости.

Основой для прогнозирования строения МГП в гористой местности послужила цифровая гипсометрическая карта района проектируемой трассы с нанесенной линией дорог, представленная на рисунке 3.



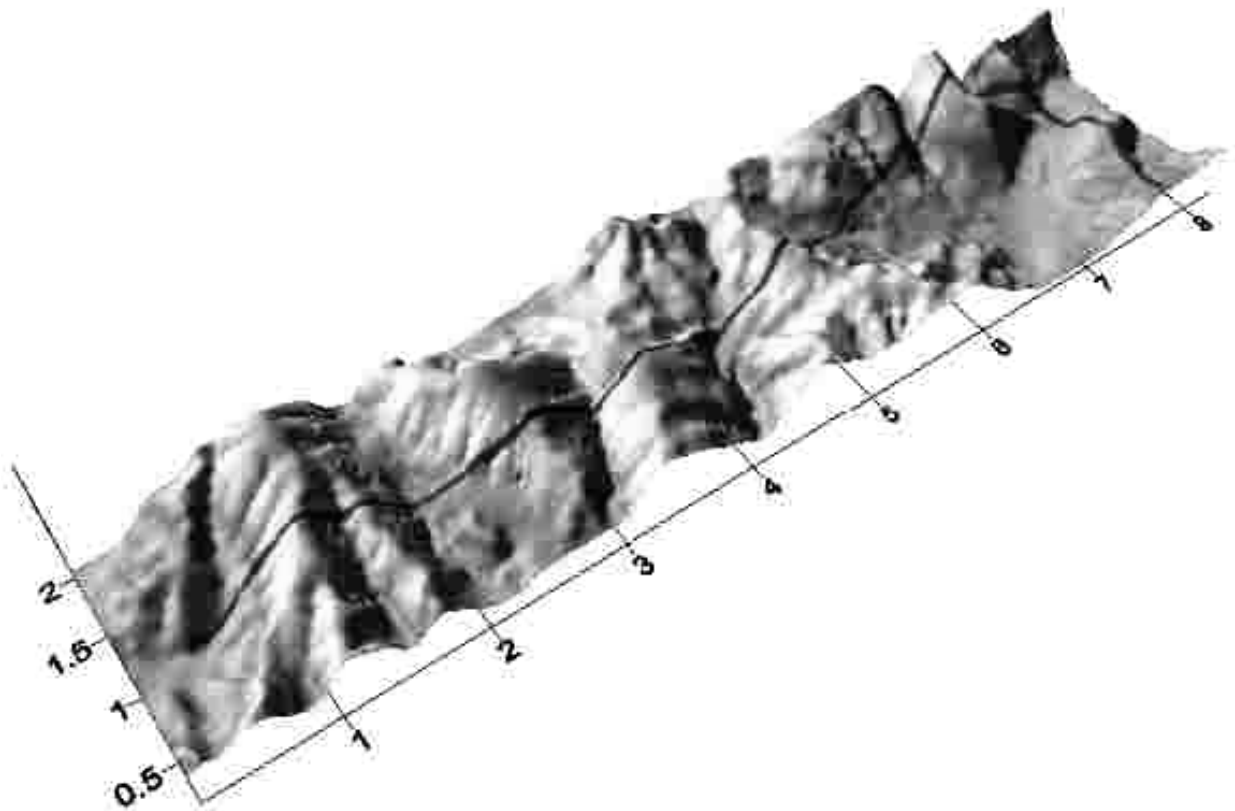


Рис. 3. Рельеф земной поверхности в районе проектируемой автомобильной дороги, черная линия – проекция дороги на рельеф местности

Первоначально, поверхность участка представлялась в виде регулярной сетки в узлах которой определены гипсометрические отметки. Расстояние между узлами составило 0.01км. На следующем этапе выполнялась оптимизация одного из параметров зондирования частоты исследуемой последовательности. С этой целью анализировался рельеф по линии проектируемой дороги. Рассчитывались томограммы на 3-х частотах – 2, 3 и 4. На рисунке 4 приведены рассчитанные томограммы.

Томограммы представлены в виде черно-белых трасс - горизонтов, контролирующих вертикальную изменчивость свойств. Подобное графическое представление разреза позволяет нагляднее оценить его строение.

Анализ приведенных томограмм показывает, что оптимальное соотношение глубинности зондирования и детальности картины для исследуемого профиля получается при  $F=3$ , и мощность исследуемого разреза составляет 240 м. На этой частоте была исследована вся площадь карты, представленной на рисунке 4.

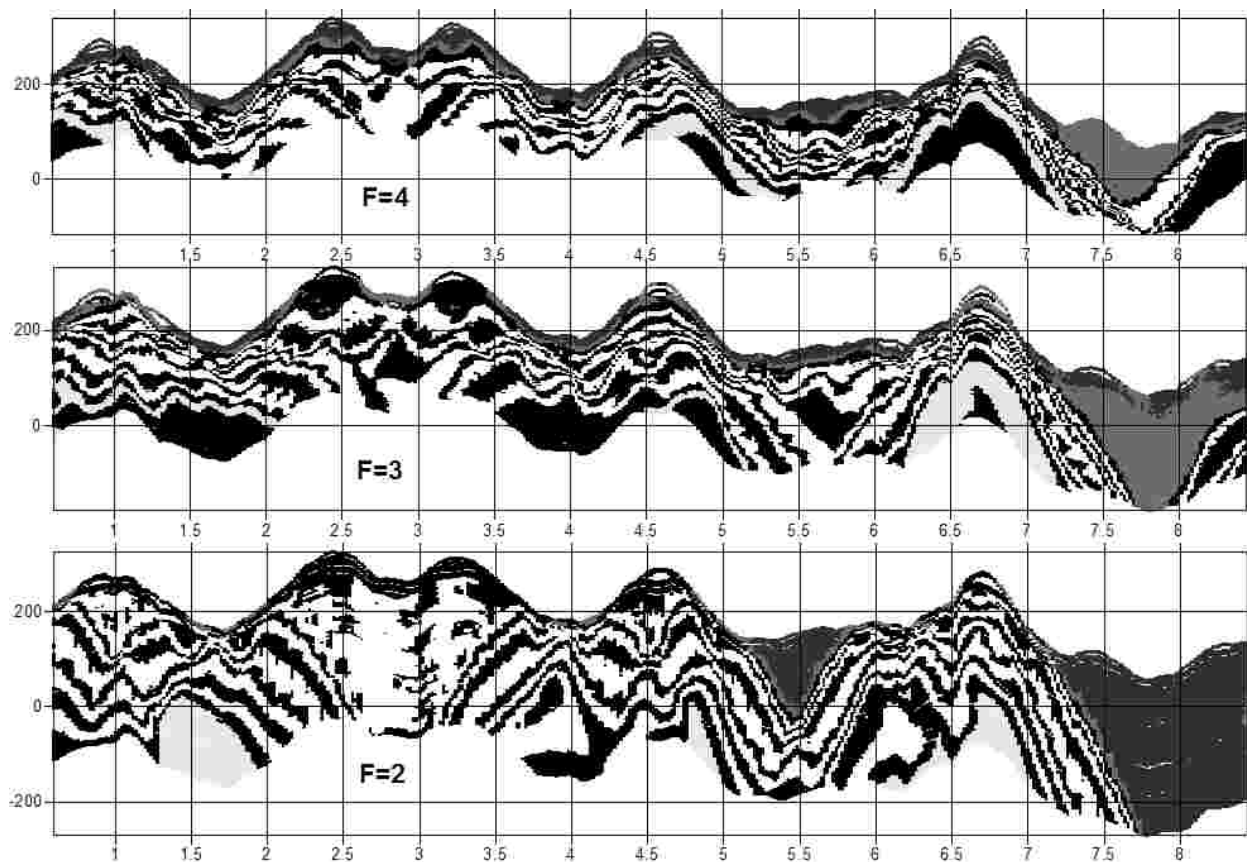


Рис. 4. Томографические разрезы породного массива, рассчитанные по профилю проектируемой автомобильной дороги при различных значениях частоты зондирования  $F=2,3,4$

По результатам анализа гипсометрии были построены томограммы по профилям, рассчитанным с интервалом 250 метров (рисунок 5). Профили проходят при фиксированных значениях координаты  $У$ . Одинаковым цветом на томограммах выделяются зоны распространения идентичных значений свойств в разрезе.

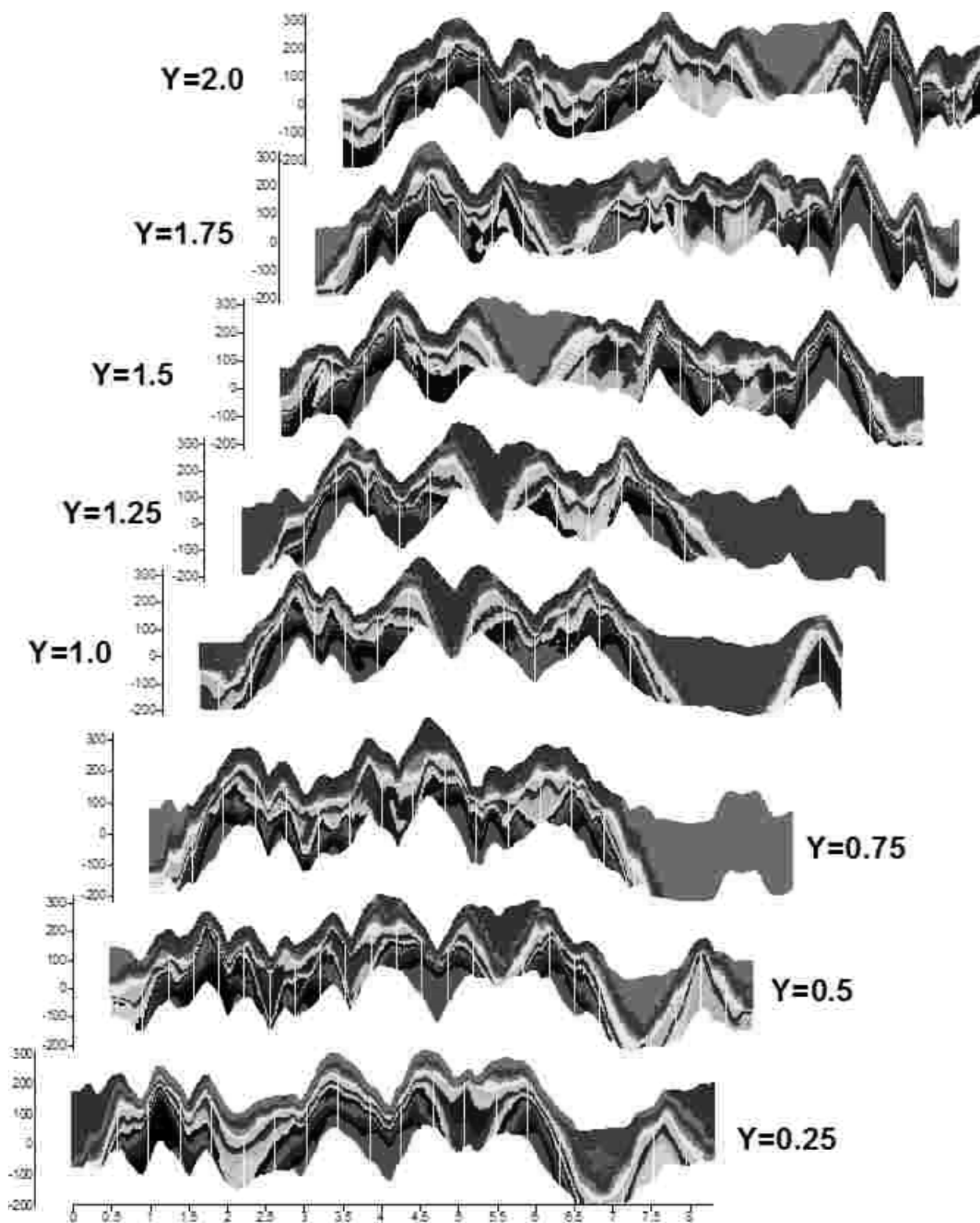


Рис. 5. Томограммы вертикальной изменчивости марковских свойств, рассчитанные по профилям при фиксированных значениях координаты  $Y$   
 Горизонтальная шкала – расстояние в километрах;  
 Вертикальная шкала – абсолютная высота в метрах

Рассчитанные поля вертикальной изменчивости марковских свойств были использованы также для прогнозирования (выявления) в разрезах различных типов несогласия в последовательности изменений марковских свойств, в том числе обусловленных тектонической нарушенностью.

Анализ строения массива по координатам проложенной трассы выполнялся аналогично описанному выше. Отличием является то, что оценивались марковские свойства рельефа не на всей площади участка, а только на линии трассы. Томограммы, полученные для разреза массива по линии дороги, приведены на рисунке 6.

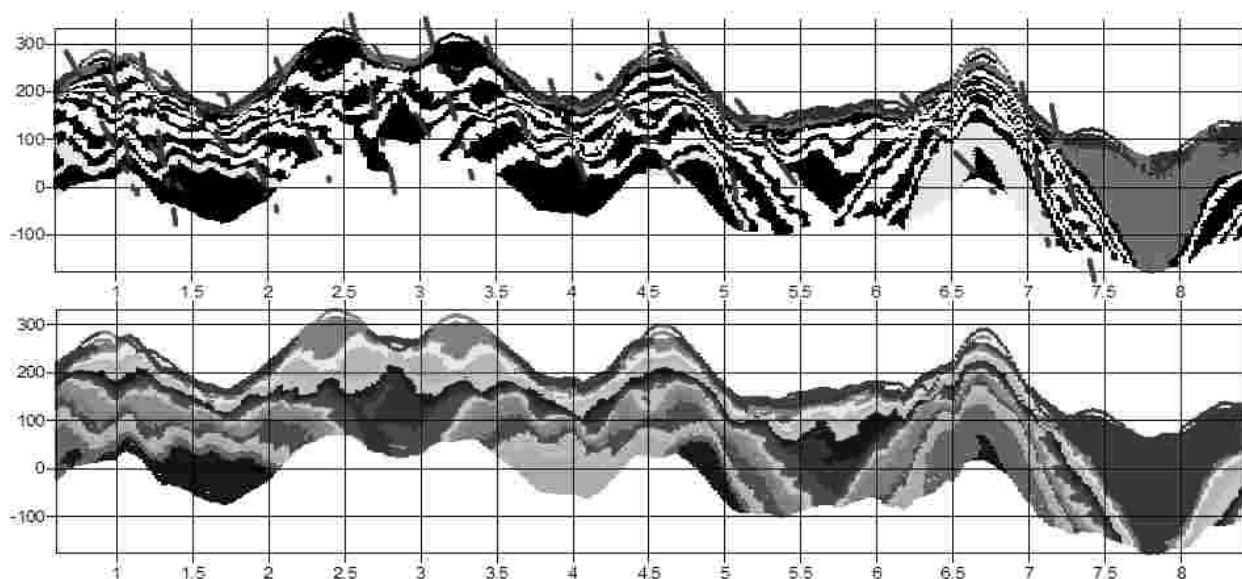


Рис.6. Томограмма породного массива по профилю проектируемой трассы

Частота зондирования  $F=3$

На томограмму (верхний рисунок) нанесены пунктиром прогнозируемые тектонические нарушения. В отличие от зон нарушенности, выделяемых программно в виде упомянутых выше “несогласий”. Нарушения трассировались интерактивно по визуально наблюдаемым срывам корреляционных линий. На разрезе выделялись наиболее очевидные нарушения, однако можно сделать предположение о более значительном их количестве.

Помимо прогноза тектонической нарушенности массива был выполнен прогноз прочностных характеристик разреза. В прогнозе использовались закономерности изменения петрофизических свойств от степени их эпигенетического преобразования, учитывался литологический фактор), влияние гипергенеза на свойства пород, и экспертные оценки.

Совокупность полученных данных, привязанная к координатам разреза дороги обрабатывалась с помощью системы моделирования-прогнозирования Vectorprognos (Черников, Матушкин, 2004). Получаемое в процессе обработки решение (прогноз) многократно оценивалось на соответствие решаемой модели (бутстреп метод), что позволяет получать окончательно наилучшее (наиболее вероятное) решение, допускаемое набором исходных данных.

Полученный прогноз изменчивости прочности (предела прочности на одноосное сжатие) пород приведен на рисунке 7.

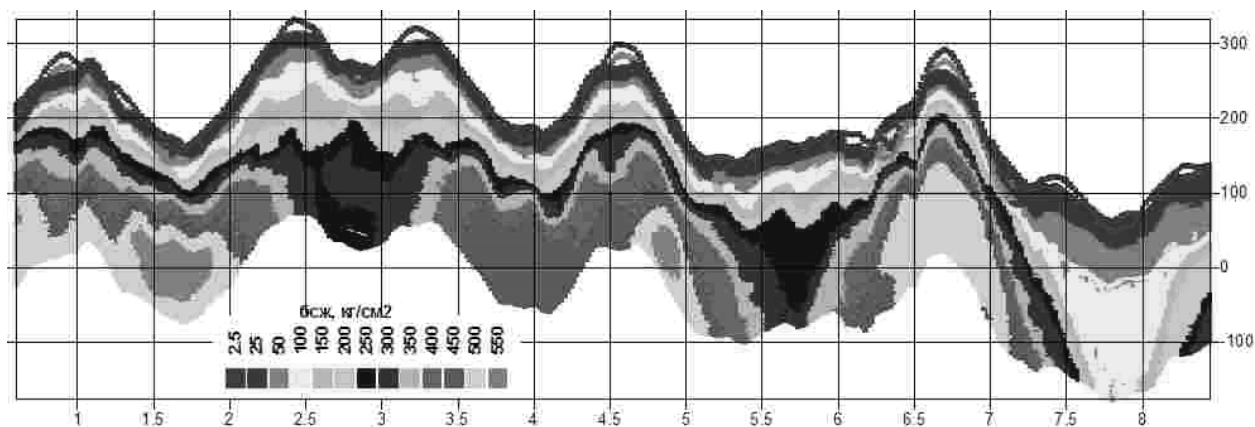


Рис. 7. Прогноз вертикальной изменчивости предела прочности на одноосное сжатие пород залегающих по разрезу профиля дороги

Все приведенные в статье результаты марковского моделирования строения массива горных пород выполнены по материалам, содержащимся на топографической карте масштаба 1:10 000. Для получения более детального и достоверного инженерно – геологического прогноза необходимо проведение комплексного анализа с привлечением детальных данных комплекса наземных и скважинных геофизических исследований, и особенно детальных инженерно-геологических материалов. Априорные данные, полученные дистанционно, позволяют с большей уверенностью осуществлять проектирование разведочных работ, а также могут служить основой для интерполяции фрагментированных на профиле наблюдений и интеграции разнохарактерных данных в обобщенную инженерно-геологическую модель.

#### Литература

1. Вистелиус А.Б. Основы математической геологии. Л.: Наука, 1980.
2. Черников А.Г., Матушкин М.Б., Либина Н.В. Изучение внутреннего строения Земли на основе марковского анализа гипсометрии ее поверхности // Разведка и охрана недр. №2. 2001. С. 57-59.

УДК 552.3 (571.56)

### РАНЕИЮРСКИЙ МАГМАТИЗМ ЮЖНОГО ВЕРХОЯНЬЯ

Шепелева Я.П., Семенов В.П., доцент,  
Горно-геологический институт ЯГУ, г. Якутск,  
[shepelevayap@mail.ru](mailto:shepelevayap@mail.ru)

В пределах Южного Верхоянья расположена Кобьюминская система впадин субширотного простирания в междуречье Брюнгаде-Куйдусун, между Адыча-Эльгинским и Сунтарским поднятиями. Она объединяет несколько синклиналей и антиклиналей, главным образом приразломного характера, и блоковых структур типа грабен синклиналей. Эта система сложена породами средней перми – верхней юры. Границами системы служат Брюнгадинский разлом на севере и Сунтар-Буор-Юряхский на юге. На западе она срезает структуры Приохотской зоны Южно-Верхоянского синклинория, с меридианальными складками Кумбарино-Оганьинской зоны устанавливается торцовое сочленение по северному окончанию Юдомского разлома. Восточной границей системы служит Тас-Кыстабытский разлом.

Особенностью Кобьюминской системы впадин является развитие здесь раннеюрских вулканогенно-осадочных образований, которые не имеют аналогов по всему Южному Верхоянью. Эта толща представлена двумя типами разреза: восточным и западным. Восточный разрез, составленный по руч. Круг, является наиболее изученным. Здесь существенная роль принадлежит потокам базальтов, которые, по мнению Ивенсена В.Ю., отнесены к базальтам континентальных рифтов, сформированным в мелководном окраинном море.

Западный разрез составлен по руч. Луговая является наименее изученным. Он имеет следующее строение (сверху-вниз):

1. Серые миндалекаменные базальты	15 м
2. Серые мелколапиллиевые туфы базальта	10 м
3. Темно серые базальты	25 м
4. Серые агломератовые туфы	130 м
5. Темно-серые миндалекаменные базальты. В нижней части потока миндалины крупные, выполненные кальцитом и хлоритом. В кровле миндалины мелкие и редкие, выполненные хлоритом	23 м
6. Миндалекаменные базальты. Миндалины выполнены кальцитом и хлоритом	15 м
7. Агломератовый лавокластит базальта	15 м
8. Агломератовые туфы базальта	1 м
9. Сильно выветрелые мелколапиллиевые туфы	3 м
10. Серые миндалекаменные базальты. Миндалины выполнены кальцитом и хлоритом	15 м
11. Толща переслаивания потоков миндалекаменных базальтов и лапиллиевых туфов базальта. Мощность потоков базальта от 1 до 3 м, мощность туфов от 0,1 до 0,5 м	35 м
12. Мелколапиллиевые туфы базальта	20 м
13. Черный плитчатый алевролит	3 м
14. Толща переслаивания темно-серых мелколапиллиевого туфа и агломератового туфа. Мощность прослоев от 0,1 до 5 м	360 м
15. Желтые среднезернистые песчаники	20 м
16. Черный и красный мелколапиллиевый туф	23 м
17. Агломератовый туф базальта	18 м
18. Толща, состоящая из отдельных потоков черных базальтов, мощностью от 0,3 до 3 м. В кровле миндалекаменные базальты	17 м
19. Темно-серые базальты	5 м
20. Желтые среднезернистые песчаники	70 м
21. Агломератовый ксенотуф базальта, примесь чуждых обломков размером от 1 см до 2 м. Состав гальки различен, в основном терригенные породы	30 м
22. Псефитовые туффиты с обломками базальта и примесью уплощенной терригенной гальки	5 м
23. Черные агломератовые туффиты. Неокатанные обломки вулканического стекла с примесью песчано-алевритового материала с галькой кварцитов	3 м
24. Псефитовые туффиты	20 м

Общая мощность разреза 880 м.

В разрезе на долю лавовых потоков приходится менее 15 % от всей толщи вулканогенно-осадочных пород. Они представлены серыми, зеленовато-серыми и черными порфиоровыми или афировыми базальтами, реже оливиновыми базальтами и гиалобазальтами. Базальты отличаются относительным однообразием первичного минерального состава и различной степенью раскристаллизации основной массы и

мезостази с широким спектром различных базитовых микроструктур. Наряду с плотными, массивными текстурами обильны миндалекаменные до пористых шламовых разности. Соотношение миндалин и основной апостекловатой массы значительно варьирует и в более пенистых лавах количество микроскопических миндалин составляет до 70-80 %. Наиболее крупные полости по направлению от периферии к центру выполнены палагонитом, хлоритом, анальцимом и другими цеолитами, более поздним кальцитом, иногда халцедоном и кварцем. Многочисленны псевдоморфозные замещения по вкрапленникам плагиоклаза – лабрадора, оливина, титан-авгитового пироксена. В петрохимическом отношении охарактеризованные базальты отличаются отсутствием четко выраженной направленной дифференциацией химического состава. Отмечаемые флуктуации особенно щелочности во многом определяются процессами вторичной преимущественно натровой цеолитизации.

Базальты слагают сравнительно маломощные, не всегда выдержанные потоки (0,3-3,0 до 15,0 м) с субгоризонтальной или слабобугристой поверхностью или в ассоциации с туфами образуют грубостратифицированные пачки, мощностью до 35,0 м.

Более редкими и маломощными являются эффузивно-обломочные породы – лаво- и гиалокластиты.

Преобладающая роль в данном типе разреза принадлежит пирокластическим породам, на долю которых приходится около 70 % от всей толщи. В пирокластическом наборе существенно преобладают грубообломочные и псефитовые туфы и ортотуффиты. Генетически автохтонные агломератовые и лапиллиевые туфы залегают среди базальтовых потоков образуя пластовые тела мощностью от 1-5 до 18,0-30,0 м или формируют мощные грубостратифицированные пачки взаимного переслаивания мощностью до 130-360 м.

Псаммитовые фракции – заполнитель агломератовых туфов, представлены литокластами базальта, аповитрокластикой и сцементированы чаще базальным кальцитом или глинистыми новообразованиями по тонкому вулканическому пеплу. Характерной особенностью туфов является присутствие в составе ассоциации шлаковых и переходных к ним разностей, а также постоянная примесь шлаковых фрагментов в туффитах. В прижерловых фациях туфов отмечаются следы аглюцинации и краснокаменных изменений. Некоторые туфы и особенно туффиты несут признаки местного перемыва и переотложения и относятся к тефроидам или более сложным смесям – туфотефроидам.

На облик пирокластических пород наложили отпечаток различной интенсивности гидротермальные поствулканические процессы и литогенетические изменения. Они выражаются в палагонитизации, глинитизации вулканического стекла, в наложенной хлоритизации, анальцимизации, цеолитизации, карбонитизации пород.

Эксплозивный, очень напряженный, существенно псефито-агломератовый фракционный состав вулканической деятельности позволяет отнести вулканизм к стромболианскому типу. Относительная кратковременность эруптивных циклов, концентрация пирокластических продуктов на сравнительно небольшой площади и приуроченность вулканических центров к разломам явно указывает на ареальный тип вулканизма, а многие признаки и черты состава, строения и фации о его периодически субаэральном проявлении.

Изложенные факты свидетельствуют о том, что на протяжении позднего плинсбаха на территории Кобюминской системы впадин существовало два типа эруптивных центров: на западе активно и циклично проявлялся субаэральный базальтовый вулканизм с формированием шлаковых конусов, автохтонных агломератовых потоков и лапиллиевых шлейфов, на восточной части происходили подводные лавовые извержения трещинного типа в условиях мелководно-шельфового трогового бассейна рифтогенного генезиса.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЬНОЙ РУДОБОГАТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КРУПНООБЪЕМНОМ ОПРОБОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ОДОЛГО»

Матвеев А.И., с.н.с., д.т.н., Лебедев И.Ф., н.с.,  
Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск  
Габышев В.Д., ООО «Феникс», г. Якутск, ivleb@mail.ru

Одолгинское рудное поле расположено в 190 км северо-западнее г.Тында в междуречье рек Одолго и Агин, берущих начало с северных отрогов хребта Чернышева и входящих в систему левых притоков верхнего течения реки Нюкжи. По административному делению площадь входит в состав Тындинского района Амурской области, РФ.

Рудопроявление «Одолго» представляет собой рудное месторождение золота, минерализация которого приурочена к магнетитсодержащим мусковитовым разностям метасоматитов; рудные интервалы составляют 1-7 м с содержанием золота от 1 до 94 г/т. В рудопроявлении обнаружено 11 рудных тел, из них рудные тела 5, 7, 11 к моменту проведения работ были частично вскрыты на склоне горы и подготовлены для проведения детальных геологоразведочных работ. На рисунке 1 показана схема опробования рудного тела №5, которое проводилось ручным отбором проб в копушах диаметром 500 мм и глубиной 700 мм.

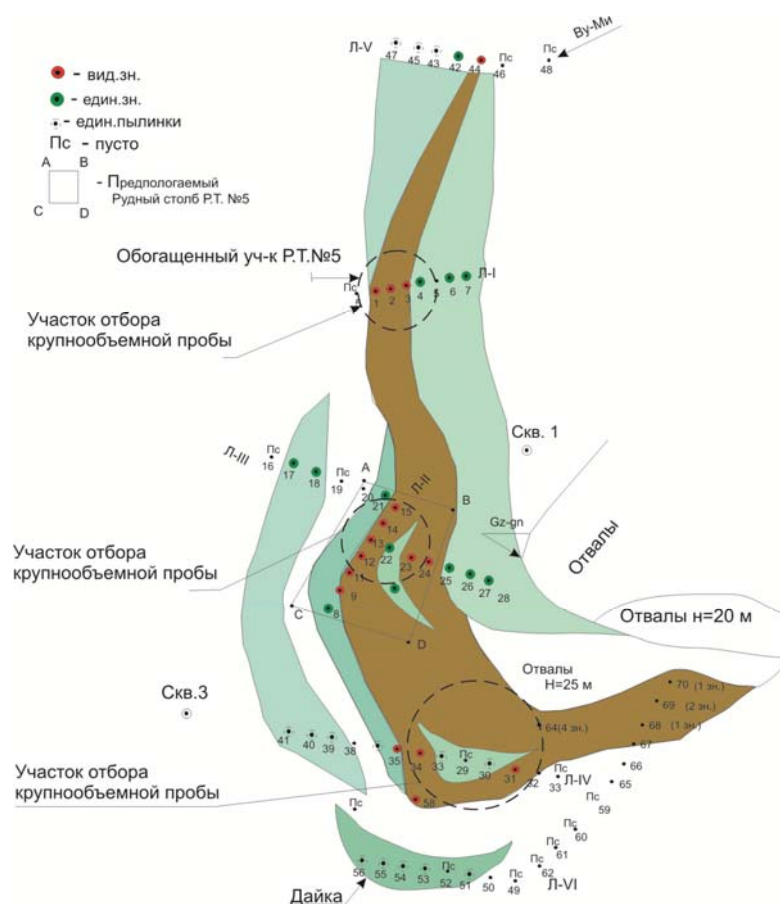


Рис.1. Схема опробования рудного тела № 5

Каждый копушок пронумерован в соответствии со схемой опробования. Содержание золота в них приведено в таблице 1.

Крупнообъемным опробованием предполагалось уточнить качество рудопроявления



по содержанию золота и исследование технологических свойств.

Таблица 1

**Результаты опробования рудного тела копушами**

№ пробы	Объем пробы, л	Золото, г	Содержание золота, г/т	Тяжелая фракция, г	Содержание тяж. фракций, %
Ок-1	10	0,0171	1,01	44,4	0,26
Ок-2	10	0,0231	1,36	46,0	0,27
Ок-3	15	0,1017	3,40	131,7	0,52
Ок-4	10	0,0103	0,61	73,0	0,43
Ок-5	8	0,0002	0,01	25,0	0,18
Ок-6	12	0,0042	0,21	60,0	0,29
Ок-7	10	0,0014	0,08	67,1	0,39
Ок-8	10	0,0101	0,60	56,5	0,33
Ок-9	10	0,0168	0,99	27,5	0,16
Ок-10	12	0,0047	0,23	40,4	0,20
Ок-11	11	0,0134	0,72	19,0	0,10
Ок-12	8	0,0071	0,52	20,0	0,15
Ок-13	9	пусто	-	20,3	0,13
Ок-14	7	0,0126	1,06	20,6	0,17
Ок-15	9	0,0280	1,83	27,2	0,17
Ок-29	12	Пусто	-	4,2	0,02
Ок-30	9	Не весовое	-	7,5	0,05
Ок-31	8	0,0052	0,38	10,2	0,07
Ок-32	10	Пусто	-	4,1	0,02
Ок-33	7	Пусто	-	11,2	0,09
Ок-34	12	0,0066	0,32	22,0	0,11
Ок-36	10	0,0167	0,98	24,0	0,14
Ок-37	8	Пусто	-	19,4	0,14
Ок-38	9	0,0001	0,006	29,4	0,19
Ок-39	8	0,0023	0,17	29,5	0,22
Ок-40	8	0,0004	0,03	17,0	0,12
Ок-41	10	Не весовое	-	18,4	0,11
Ок-42	10	0,0015	0,09	9,0	0,05
Ок-43	8	0,0108	0,64	64,0	0,47
Ок-44	10	0,0336	1,98	26,3	0,15
Ок-45	10	0,0013	0,08	65,4	0,38
Ок-46	10	Пусто	-	16,7	0,10
Ок-47	10	Пусто	-	30,0	0,18
Ок-48	18	Пусто	-	16,0	0,05

Основная проблема при переработке проб - повышенное содержание магнитных материалов (магнетита), что не позволяет эффективно использовать традиционные схемы обработки проб (промывка на лотках, шлюзах). Из вышеуказанной таблицы видно, что

содержание тяжелой фракции достигает до 0,5 %. При этом основная масса тяжелой фракции представлена магнетитом.

В связи с этим было принято решение о проведении крупнообъемного опробования месторождения с использованием оборудования модульной рудообогатительной установки (МПРОУ), разработанного в Институте горного дела Севера СО РАН: на стадии рудоподготовки использовалась дробилка комбинированного действия ДКД-300 и центробежная мельница встречного удара ЦМВУ-800, при обогащении тонкоизмельченного материала использовался пневматический сепаратор ПОС-2000. Доводка концентратов после ПОС-2000 проводилась на магнитном сепараторе конструкции ИГДС и центробежном ротационном сепараторе РС-300.

Для проведения крупнообъемного опробования месторождения «Одолго» отбирались пробы с частично вскрытого 5 рудного тела, с 3 участков геологического оконтуривания копушами, которые представлены на рисунке 1 в виде пунктирных кружочков.

Крупнообъемные пробы руды отбирались вручную с последующей транспортировкой к месту переработки. Отобранный материал крупностью 100 мм дробился на дробилке ДКД-300 до класса крупности -5 мм. Общий вид дробилки ДКД-300 в работе приведен на рисунке 2.



Рис. 2. Дробилка комбинированного ударного действия (ДКД-300)

Класс крупности +5 мм на грохоте ГВ-06 отсеивался и возвращался на дробление. Выход классов +5 мм не превышает 8%. Класс -5 мм измельчался в ЦМВУ-800 до класса

крупности -2 мм. Общий вид центробежной мельницы ЦМВУ-800 в работе представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Центробежная мельница встречного удара (ЦМВУ-800)

Тонко измельченный продукт перегружателем направляется на пневмосепаратор ПОС-2000. Общий вид работы пневмосепаратора ПОС-2000 показан на рисунке 4.



Рис. 4. Общий вид пневмосепаратора ПОС-2000 в работе

Концентрат пневмосепаратора направляется на доводку с применением «мокрых» способов обработки.

Доводка концентратов ПОС-2000 осуществляется на установке для обогащения россыпей и шлихов с магнитной системой (рис. 5).



Рис. 5. Общий вид шлюза с магнитной системой

За период проведения крупнообъемного опробования через опытную установку пропущено 40 тонн рудных образцов. Для дальнейшего исследования в лабораторных условиях отобраны 16 проб рудных образцов для пробирного анализа, 12 проб для технологических исследований общим весом 400 кг, а так же 18 технологических проб (продукты обработки рудных образцов с установки МПРОУ).

Крупнообъемные пробы руды отбирались с трех участков 5-го рудного тела.

С 1 участка (район отбора проб – копуши 1-7) было отобрано и переработано 20 тонн руды и получен концентрат весом 15 кг, из концентрата извлечено в ШОУ 22,5 г золота.

Со 2 участка (копуши 8-15) отобрано и переработано 10 тонн руды и получен концентрат весом 10 кг, из концентрата извлечено в ШОУ 6,200 г золота.

С 3 участка (копуши 30-33) отобрано и переработано 7 тонн руды и получен концентрат весом 8 кг, извлечено в ШОУ 8,700 г золота.

Таким образом, результаты технологических исследований рудных тел показали:

- практическое отсутствие золота в 7 и 11 рудном теле;
- по участку № 1, 5 рудного тела среднее содержание золота составляет 1,2 г/т, с учетом фазового состава руд, наиболее богатой фазой руды является - крупнозернистый кварцевый агломерат с содержанием золота 13,63 г/т, обогатимость 74,84% извлечения по гравитационной схеме;
- по участку № 2, 5 рудного тела среднее содержание составляет 1,95 г/т, наиболее богатой фазой руды является - крупнозернистый кварцевый агломерат с содержанием золота 13,65 г/т, наиболее бедной фазой – молочный кварц, с содержанием 0,75 г/т, обогатимость 77,41% извлечения по гравитационной схеме;
- по участку № 3 среднее содержание составляет 1,5 г/т, обогатимость 42,4% извлечения по гравитационной схеме.

Итого среднее содержание извлеченного золота по рудному телу с учетом операционного извлечения на пневмосепараторе (уровень 95% гарантированного извлечения, установлен в ходе испытания пневмосепаратора) составляет 0,8-1,2 г/т.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУБКИ «УДАЧНАЯ»  
МЕТОДАМИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Шубин Г.В., Кирюшин Д.И., Авдеев К.Ю., «Якутнипроалмаз», г. Мирный  
Черных Е.Н., Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

Данные о физико-механических свойствах горных пород по месторождению трубки «Удачная» известны по материалам исследований Амакитской экспедиции 1978-1996 гг. (таблица 1), лаборатории геомеханики института «ЯКУТНИПРОАЛМАЗ». Осредненные данные по скоростям распространения приводятся в публикациях, например, в работе [1].

Все исследования физико-механических свойств выполнялись в лабораторных условиях по стандартным методикам по образцам. В натуральных условиях экспериментальных определений свойств горных пород в массиве не проводилось. Ясно, что свойства породы, оцененные по образцу и в массиве, могут существенно отличаться. Поэтому важны сведения об определении скоростей распространения сейсмических волн, выполненных для массивов горных пород. Между скоростями сейсмических волн и физико-механическими свойствами пород существуют теоретические взаимосвязи (по теории упругости):

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-\mu)}}; \quad V_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}}, \quad (1),$$

где  $V_p, V_s$  - соответственно, скорости распространения в горных породах продольных и поперечных волн;  $E, \mu, \rho$  - соответственно, модуль упругости, коэффициент Пуассона и плотность пород.

Установлены также многочисленные экспериментальные корреляционные взаимосвязи, в том числе с деформационными и прочностными свойствами [2,3]. Например, для карбонатных пород Ингурской ГЭС, по данным массовых определений деформационных свойств в их естественном залегании и измеренным значениям скоростей продольных волн, была установлена корреляционная взаимосвязь модуля упругости  $E$  с  $V_p$  [2] вида:

$$\lg E = 2.3011 \cdot \lg V_p + 3.77613 \quad (2),$$

где  $V_p$  – в км/с,  $E$  – в  $10^5$  Н/м<sup>2</sup>.

В работе [4] предложен вид связи, который позволяет учитывать особенности свойств разных типов горных пород, основанный на том, что одной величине  $V_p$  могут соответствовать существенно различные прочности на сжатие  $\sigma_{сж}$ :

$$\sigma_{сж} = \frac{V_p^2 \rho (1 - 2\mu)}{2C(1 - \mu)}, \quad \sigma_{сж} = \frac{V_s^2 \rho}{C} \quad (3),$$

где  $C$  – некоторый постоянный коэффициент, зависящий от типа породы.

Наибольшей стабильностью значений  $C$  характеризуются известняки, для которых  $C=240$ . для песчаников карбона рекомендуется  $C=180$ . Таким образом, последняя формула позволяет проводить оценку ожидаемого значения предела прочности на сжатие на основе известной скорости сейсмических волн  $V_p$ , оцененных или выбранных по справочным данным плотности и коэффициента Пуассона и рекомендуемым или определенным экспериментально по корреляционным формулам значениям коэффициента  $C$ .

**Сводная таблица значений физико-механических показателей вмещающих пород месторождения трубки «Удачная»  
(по материалам Амакинской экспедиции 1978-1996 гг.)**

Интервал глубин, абс. отм.	Наименование пород	Сопротивление сжатию, МПа		Сопротивление растяжению, МПа		Сцепление, МПа		Угол внутреннего трения, градус		Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Модуль упругости, ГПа	
		мин.	мах.	мин.	мах.	мин.	мах.	мин.	мах.				мин.	мах.
0-100 +350÷+250	Известняк, известняк глинистый, доломит	12,2-67,0	0,8-6,1	4,8-18,3	32,0-41,0	2433	2687	0,86	17,15-139,6					
100-150 +250÷+200	Известняк, известняк глинистый, доломит	7,9-43,7	1,3-3,7	2,4-21,5	29,0-41,0	2465	2752	0,90	15,16-89,4					
150-200 +200÷+150	Известняк, известняк глинистый	8,8-49,5	0,8-3,8	4,3-14,8	33,0-39,5	2469	2735	2,42	18,85-87,5					
200-250 +150÷+100	Известняк, известняк глинистый, известняк доломитистый	10,1-62,3	1,5-3,7	3,4-15,8	29,5-40,0	2525	2760	1,78	12,23-95,8					
250-300 +100÷+50	Известняк глинистый, известняк-конгломерат	5,8-56,8	0,9-3,9	5,1-17,8	31,2-41,0	2493	2772	2,34	7,21-97,4					
300-350 +50÷0	Известняк глинистый, мергель, доломит	15,4-49,2	2,2-4,4	5,7-9,5	32,3-40,9	2552	2794	1,30	13,67-32,0					
350-400 0÷-50	Известняк, известняк глинистый, доломит	7,0-59,8	1,1-4,6	5,4-16,8	33,0-41,0	2525	2783	1,32	9,58-127,3					
400-450 -50÷-100	Известняк глинистый, известняк доломитистый	10,2-55,3	1,1-4,2	5,2-27,7	33-42	2539	2787	4,49	19,11-106,5					
450-500 -100÷-150	Известняк, известняк глинистый, доломит	9,2-54,9	1,5-3,4	5,4-9,3	26,7-39,7	2551	2813	1,71	7,61-84,1					
500-550 -150÷-200	Известняк, доломитовый известняк, доломит глинистый	6,4-60,6	1,3-4,1	3,8-16,8	31,0-41,0	2538	2800	2,31	12,73-140,5					
550-600 -200÷-250	Доломит, известняк доломитистый, известняк кавернозный	16,7-77,6	1,2-4,3	6,2-25,7	33,0-40,0	2546	2820	1,44	9,83-150,3					
600-650 -250÷-300	Доломит, известняк	8,5-54,6	1,1-5,2	5,7-12,8	26,0-39,5	2475	2774	1,17	42,15-124,2					

По данным авторов [1], полученным по результатам акустического каротажа скважин в Далдыно-Алакитском районе, в разрезе палеозойских карбонатно-терригенных отложений наблюдается небольшая дифференцированность скорости продольных сейсмических волн во вмещающих породах и кимберлитах алмазоносных трубок (таблица 2).

Таблица 2

**Скорости продольных сейсмических волн во вмещающих породах и кимберлитах на Сибирской платформе (по Караеву, Рабиновичу)**

Горные породы	$V_p$ , км/с	
	Диапазон изменения	Средние значения
Карбонатно-терригенные отложения (верхоленская свита кембрия)	1,9-3,8	2,78
Карбонатно-терригенные отложения (метегерская свита кембрия)	3,9-6,7	5,12
Карбонатные отложения (чарская свита кембрия)	4,2-7,0	5,46
Галиты	4,0-5,1	4,49
Доломиты и известняки (олекминская свита кембрия)	5,4-6,9	6,08
Терригенные отложения верхнего протерозоя	3,0-5,2	4,47
Карбонатные отложения протерозоя	5,4-7,3	5,56
Доломиты	2,5-6,4	4,95
Кимберлиты на глубине, м		
до 200	2,4-3,6	2,95
200-600	3,0-4,5	3,65
600-1000	3,6-5,1	4,25
глубже 1000	3,5-4,8	4,33

Значения скоростей сейсмических волн для вмещающих пород были получены при сейсморазведочных зондированиях в 2005 году / 5/ в штольне №2 вблизи портала, а в 2006 году - на промплощадке ОППУ (горизонт с абсолютной отметкой -170 м). Для приповерхностного 1-1,5 м слоя скорости  $V_p$  равны соответственно 300 и 600 м/с, а для нижележащей толщи мощностью 13.8 м -  $V_p = 1265$  м/с и глубже -  $V_p = 2570$  м/с в штольне, а на промплощадке  $V_p = 3000$  м/с.

Сейсмическое зондирование в конце июля начале августа 2006 года выполнено по методике регистрации цифровой сейсмостанцией «Байкал-12» с сейсмоприемниками СК-1П и ударов кувалдой по прямолинейному профилю, которые производили через каждые 3 м. Весь профиль составил 24 м (рис. 1).

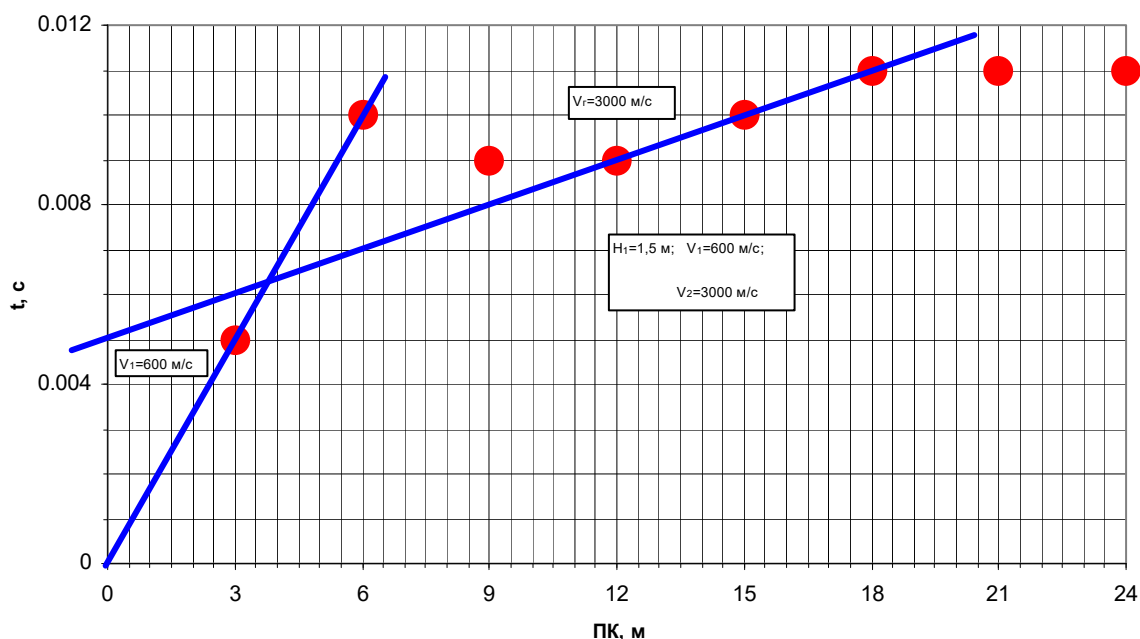


Рис. 1. Годограф для первых вступлений продольных сейсмических волн по данным сейсмического зондирования на промплощадке ОППУ в 2006 году

В целом полученные верхние значения скоростей  $V_p$  близки к среднему значению из интервала значений  $V_p$ , определенных Караевым и Рабиновичем (таблица 2) для доломитов 2,5-6,4 км/с. Понижение скоростей  $V_p$  можно объяснить влиянием трещиноватости, наведенной взрывами и большой разрушенностью пород приповерхностного слоя.

Оценки модуля упругости  $E$  и прочности на сжатие  $\sigma_{сж}$  для массивов горных пород по значениям  $V_p$ , определенным с помощью сейсмозондирований по приведенным выше эмпирическим формулам, дают следующие их величины:

$$\lg E = 2.3011 \cdot \lg 3 + 3.77613 = 4,874 \quad (4),$$

тогда  $E \approx (7-8) \cdot 10^9$  Па или 7-8 ГПа, что несколько меньше, чем модуль упругости, определенный по монолитным образцам.

$$\sigma_{сж} = \frac{V_p^2 \rho (1 - 2\mu)}{2C(1 - \mu)} = \frac{9 \cdot 2546(1 - 0.6)}{2 \cdot 240 \cdot (1 - 0.3)} = 27.3 \cdot 10^6 \text{ Па} = 27,3 \text{ МПа} \quad (5).$$

Полученное расчетом по эмпирической формуле значение прочности пород в массиве на сжатие оказалось равным 27,3 МПа, что близко к среднему значению (таблицы 1 и 2) сопротивления сжатию, определенному в лабораторных условиях при испытаниях образцов. Здесь в расчетную формулу поставлены значения измеренных скоростей распространения продольных сейсмических волн  $V_p=3$  км/с, плотность пород  $2546 \text{ кг/м}^3$  и коэффициент Пуассона  $\mu=0,3$ .

Таким образом, инженерно-геофизический метод сейсмического зондирования позволил выполнить интегральную оценку упругих и прочностных свойств горных пород непосредственно в натуральных условиях неразрушающим косвенным методом.

#### Литература

1. Караев Н.А., Рабинович Г.Я. Рудная сейсмозондировка. М.: ЗАО «Геоинформарк», 2000. 336 с.
2. Савич А.И., Куянджич Б.Д., Коптев В.И. и др. Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений. М.: Недра, 1990. 462 с.



3. Савич А.И., Яценко З.Г. Исследование упругих и деформационных свойств горных пород сейсмоакустическими методами. М.: Недра, 1979. 214 с.
4. Ляховицкий Ф.М. О соотношении упругих и прочностных свойств горных пород // Сб. «Геофизические исследования». № 1. М.: Изд-во МГУ, 1964. С. 294-306.
5. Черных Е.Н., Басов А.Д., Дреннова Н.Н., Соснина Л.Г. Отчет: «Оценка сейсмического воздействия массовых взрывов в карьере «Интернациональный» и разработка рекомендаций по безопасной эксплуатации объектов промплощадки и подземных сооружений» (договор Д-3-2005). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2005. 41 с.

УДК 622.235.5.001.2

## **ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ НА КОНТУРЕ ПОДЗЕМНОЙ ВЫРАБОТКИ УЧАСТКА ОППУ РУДНИКА «УДАЧНЫЙ» С ПОМОЩЬЮ СТРУННЫХ ДАТЧИКОВ**

Шубин Г.В., Кирюшин Д.И., Авдеев К.Ю., «Якутнипроалмаз», г. Мирный  
Черных Е.Н., Басов А.Д., Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

Оптимальной методикой контроля деформаций пород на контуре выработки и расслоений толщ горных пород в глубине массива, а также установление зон сдвижения пород и других характеристик горного давления, являются измерения на специальных замерных станциях. На них датчики-деформометры устанавливаются не только на контуре выработок, но и по глубине в скважинах (шпурах), пробуренных в боковых стенках и своде. Для этих же целей используются различные реперные устройства: контурные - с глубиной установки от 1 м до 3 м и глубинные.

Методикой исследований напряженно-деформированного состояния в подземных выработках рудника «Удачный» [1], первоначально предполагалось использовать датчики типа ПЛДС (преобразователи линейных деформаций струнные). Однако установлены аналогичные деформометры марки: телетензометры струнные ТБ-200 ВНИИГ производства ЗАО «Трансмаш-сервис».

Эти деформометры были установлены для контроля деформаций на контуре (стенке) боковой ниши в штольне № 2 (ПК 2+5) и на торце сочленения на ПК 4+6 в конце июля 2006 года (рис. 1, 2). Деформометры данного типа практически имеют ту же конструкцию и те же технические характеристики, что и датчики ПЛДС. Они позволяют регистрировать относительные деформации сжатия или растяжения порядка  $(-50 \div +160) \cdot 10^{-5}$  и абсолютные деформации в пределах от  $-100$  мкм до  $+330$  мкм массива горных пород вокруг капитальных, подготовительных и очистных выработок при ведении горных работ.

Для установки датчиков на каждом пункте в стенках выработок были пробурены шпуры один под другим параллельно на базе 215 и 225 мм глубиной более 1 м. Корпус датчиков на концах имеет приспособление для крепления к арматурным стержням. Конструкция из датчика и арматуры на цементном растворе устанавливалась в шпуры (рис. 1, 2). В рабочем состоянии после монтажа датчиков в штольне №2 остался всего один датчик ТБ-200 №1070, установленный в нише штольни №2 на пикете ПК-3.



Рис. 1. Деформометр ТБ-200 ВНИИГ №1005 установлен на высоте 1,5 м от основания на пикете ПК 4+6 по правой стороне штольни №2  
В левом нижнем углу фотографий находится цифровой периодомер ПЦП-1.



Рис. 2. Деформометр ТБ-200 ВНИИГ №1070 установлен на пикете ПК 2+5 по левой стороне от входа в штольню №2, в нише на высоте 1 м от основания

Показания с датчиков ТБ-200 ВНИИГ снимались с помощью цифрового периодомера ПЦП-1. Кроме деформаций с помощью датчиков ТБ-200 контролируется температура окружающей среды в пункте установки датчика.

За период наблюдений в 2006 году по датчику № 1070 было выполнено 8 замеров. В таблице 1 приведены результаты определений относительных и абсолютных деформаций с помощью указанного датчика и периодомера ПЦП-1.

Таблица 1

**Относительные и абсолютные деформации по результатам измерений  
в нише штольни № 2**

Дата	Датчик № 1070					R, Ом	t, °C
	Т, с	Деформация					
		отн. ед., 10 <sup>-5</sup>	абс. ед., мкм	приращение, мкм			
1	2	3	4	5	6	7	
31.07.06	0.7878	4.098	8.196	0.000			
01.08.06	0.7879	4.050	8.101	0.095			
07.08.06	0.7883	3.923	7.847	0.349			
18.08.06	0.7885	3.860	7.720	0.476			
23.08.06	0.7875	4.177	8.355	-0.159			
30.08.06	0.7877	4.114	8.227	-0.031	1060	4.75	
06.09.06	0.7887	3.797	7.594	0.602	1200	36.39	
27.09.06	0.7885	3.860	7.720	0.476	950	-20.11	
04.10.06					1010	-6.55	

На рисунке 1 показаны графики, по которым можно проследить изменения деформаций во времени. Видно, что после установки по трем первым замерам происходило сжатие массива в пункте установки датчика в целике между штольнями №1 и №2, а по данным третьего и четвертого замеров знак деформирования сменился, и произошло растяжение, то есть деформация сжатия сменилась деформацией растяжения. Отмечая то, что деформометр среагировал на локальный по времени процесс и небольшую по величине смену знака деформации, позволяет, при соответствующей организации режимных измерений хотя бы один раз в неделю, выявлять, а затем и контролировать такие аномальные явления. Поскольку деформометр регистрирует остаточные деформации, которые имеют свойство накапливаться в материале конструкций и массиве горных пород, то при мониторинге можно отслеживать накопление критических деформаций.

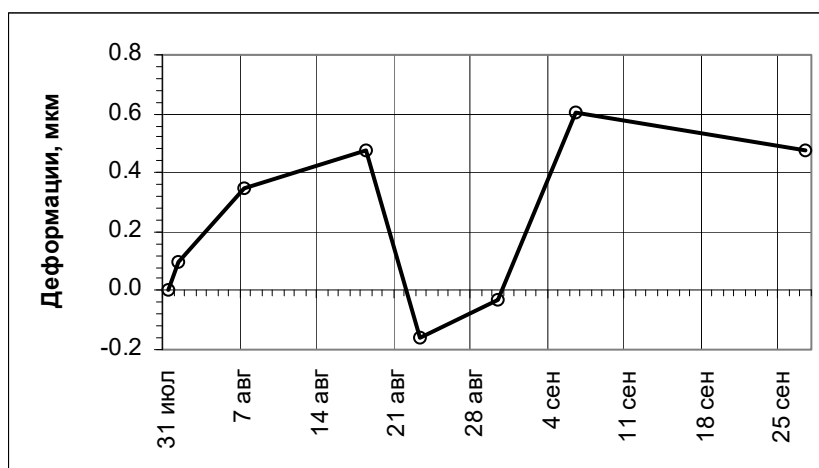


Рис. 1. Временные изменения процесса деформирования по измерениям с помощью деформометра ТБ-200 № 1070 в нише штольни №2 рудника «Удачный» в 2006 году. Первое измерение принято за начало наблюдений (нулевой отсчет) процесса деформирования

Анализ графиков изменения деформаций во времени показывает, что наибольшее изменение деформирования массива во времени случилось на интервале от 18 августа по 6 сентября 2006 года и заняло не меньше двух-трех недель. Продолжительность реакции массива горных пород на изменение напряженно-деформированного состояния, вероятно, связана с проявлением его вязкопластических свойств. Смена знака деформирования со сжатия на растяжение и обратно при указанном массовом взрыве, скорее всего, может быть вызвана разгрузкой при подвижке блоков по зоне сдвижения, образовавшейся под влиянием массового взрыва, и ведения горных работ. Для более определенного вывода на этот счет требуется, как принято в экспериментах, зафиксировать повторение подобных совпадений событий: мощного воздействия на массив и фиксируемого деформометрами смещения блоков горных пород в массиве.

### Литература

1. Методика экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния массива и крепей штолен рудника «Удачный» с использованием датчиков ПЛДС. (тема 23-05-765 этап №5). Удачный, 2006. 11 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СМЕРЗАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОРОВОЙ ВЛАГИ

Винокуров А.П., н.с., Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск,  
[a.p.vinokurov@mail.ru](mailto:a.p.vinokurov@mail.ru)

При разработке месторождений в зоне распространения многолетней мерзлоты с увеличением мощностей горного производства возникает потребность в круглогодичной работе вскрышного и добычного оборудования. В этой связи на первый план выносятся вопросы о разработке способов искусственного снижения прочности мерзлого массива, а также вторично смерзшихся (после взрывного разрушения) горных пород.

В России, как и за рубежом в зависимости от природно-климатических условий и экономической целесообразности применяют разнообразные технологические методы и оборудование для борьбы со смерзанием и примерзанием горных пород в процессе их добычи и транспортировки.

Отечественный и зарубежный опыт предотвращения процесса смерзания горных пород в различных климатических зонах при различных физико-механических свойствах пород, технологии разработки и транспортировки, показывает, что в период с отрицательными температурами одним из основных мероприятий, позволяющих обеспечить круглогодичную разработку рыхлых и связных пород, является покрытие горных пород теплоизоляционными материалами. Для предотвращения примерзания горных пород к рабочим поверхностям горного и транспортного оборудования применяются материалы с низкой тепловой активностью (супролен, резина, трукалит).

За рубежом в Чехии, Норвегии, Швеции и др. странах широкое распространение получили химические профилактические средства, которые воздействуют на агрегатное состояние воды. Наибольшее применение получили порошки и водные растворы хлористого кальция, магния, натрия и смеси этих хлоридов /1, 2/. Нашли применение в качестве средства против смерзания пород - нефтяные смеси, каменноугольные масла и специальные диффузионные смеси, а также антифризы /3/. В Польше распространен способ защиты от смерзания путем добавки порошка каменного угля, кокса и бурого угля /4/.

Новые профилактические средства типа ниогрин, КП-6, КОС, РПС-67, гидрофобный молотый мел и др. практического применения не получили за исключением ниогрина и растворов хлоридов.

Профилактические средства, разработанные в России и за рубежом, применяются только для предотвращения смерзания пород, для которых они предназначены и механический перенос на другие породы, не дает положительного эффекта из-за различия физико-химических и механических свойств. Перспективным направлением является разработка способов предотвращения смерзания на основе средств, позволяющих видоизменить кристаллическую структуру льда /5, 6, 7/ вследствие минерализации и снизить прочность смерзания пород.

Ранее ИГДС СО РАН совместно с ИМ СО РАН проводился комплекс экспериментальных работ по применению способа разупрочнения массива горных пород с использованием кислотных растворов /8/. Впервые были проведены измерения длительной прочности мерзлых грунтов в зависимости от их рН уровня. По результатам исследований установлено, что в области низких значений рН происходит существенное разупрочнение мерзлых грунтов. Так при температурах массива пород от  $-6,5^{\circ}\text{C}$  до  $-25^{\circ}\text{C}$  прочность снижается в 2 раза.

В данное время проведены лабораторные исследования влияния минерализации поровой влаги на прочность смерзания образцов горных пород двумя способами: насыщением раствором соляной кислоты определенной концентрации всего объема образцов, и увлажнением раствором смораживаемых поверхностей.

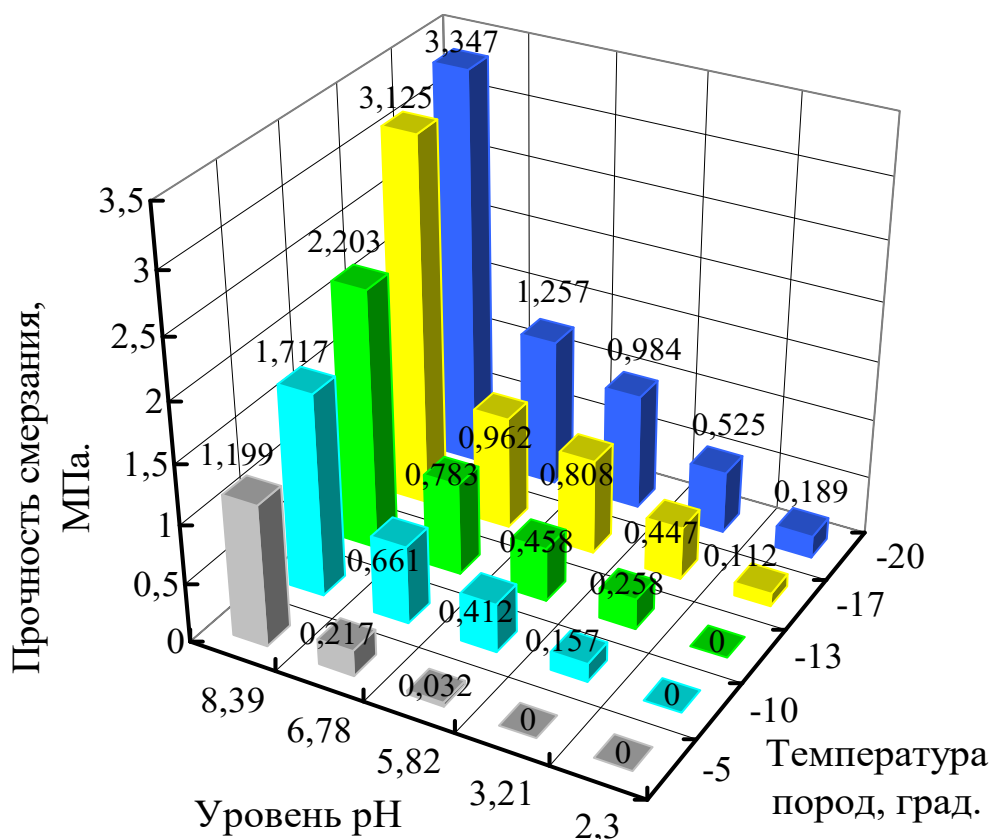


Рис. 1. Гистограмма изменения прочности смерзания от температуры пород и уровня рН

При лабораторных исследованиях в процессе формирования и изготовлении образцов кубической формы размером 50x50x50мм в породную массу добавлялась соляная кислота (HCl) в процентном соотношении от общей влаги, установленном экспериментом (табл. 1). Исследования проводились на вскрышных породах Кангаласского месторождения - среднезернистых песчаниках  $W_{п}=18,6\%$ . Образцы смораживались с усилием нормального давления между образцами в 1 kN. Определение прочности смерзания образцов на сдвиг проводилось на испытательной машине UTS-250 при различной температуре пород.

Таблица 1

**Уровень рН образцов горных пород**

Без HCl	3% HCl	5% HCl	10% HCl	15% HCl
рН=8,39	рН=6,78	рН=5,82	рН=3,21	рН=2,30

По результатам экспериментальных исследований установлено, что значительное снижение прочности смерзания (в 5,5 раз) достигается уже при 3% минерализации поровой влаги образцов (рН=6,78), при их начальной температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  (рис. 1). Дальнейшее увеличение минерализации снижает прочность смерзания в различной степени, в зависимости от начальной температуры образцов. Изменение рН уровня образцов с 8,39 до 2,3 приводит к резкому снижению прочности смерзания образцов, при этом при температуре

-20<sup>0</sup>С прочность смерзания снижается почти в 18 раз, а при -5<sup>0</sup>С с повышением кислотности образцы не смерзаются. Особенностью способа воздействия соляной кислоты на прочность смерзания многолетнемерзлых горных пород является снижение рН уровня, вызывающее изменение свойств породы. При уменьшении уровня рН количество незамерзшей воды в породе увеличивается.

Минерализация образцов горной породы по плоскостям смораживания производилась методом увлажнения смораживаемых плоскостей, при изменении процентного соотношения соляной кислоты в растворе от 15% до 75%.

Таблица 2

**Показатели минерализации образцов породы**

Исходная концентрация раствора HCl %	Фактич. минерализация, %.
15	2,1
25	3,2
50	6,1
75	10,3

Количество воды входящее во взаимодействие с раствором соляной кислоты ограничивается глубиной растепления образцов, зависящей от температуры пород. В таблице 2 представлены данные фактической минерализации образцов в зоне контакта (плоскости смораживания) в зависимости от исходной концентрации, с учетом глубины растепленного слоя и количества находящейся в нем воды.

Исследованиями установлено, что уже при нанесении 15% раствора HCl на смораживаемые поверхности образцов при температуре -5<sup>0</sup>С происходит снижение прочности смерзания в 1,7 раза, с понижением температуры до -20<sup>0</sup>С прочность снижается в 1,1-1,4 раза (рис. 2). При 25% минерализации раствора и температуре -5<sup>0</sup>С прочность снижается в 2,6 раза. Наиболее существенное снижение прочности в 13 раз и 7 раз при -5<sup>0</sup>С и -10<sup>0</sup>С соответственно происходит при минерализации 50% раствором HCl с дальнейшим понижением в 4-3 раза для более низких температур. Применение же раствора 75% концентрации приводит к снижению прочности смерзания (от -20<sup>0</sup>С до -10<sup>0</sup>С) в 10 и более раз, а при температуре -5<sup>0</sup>С образцы не смерзаются.

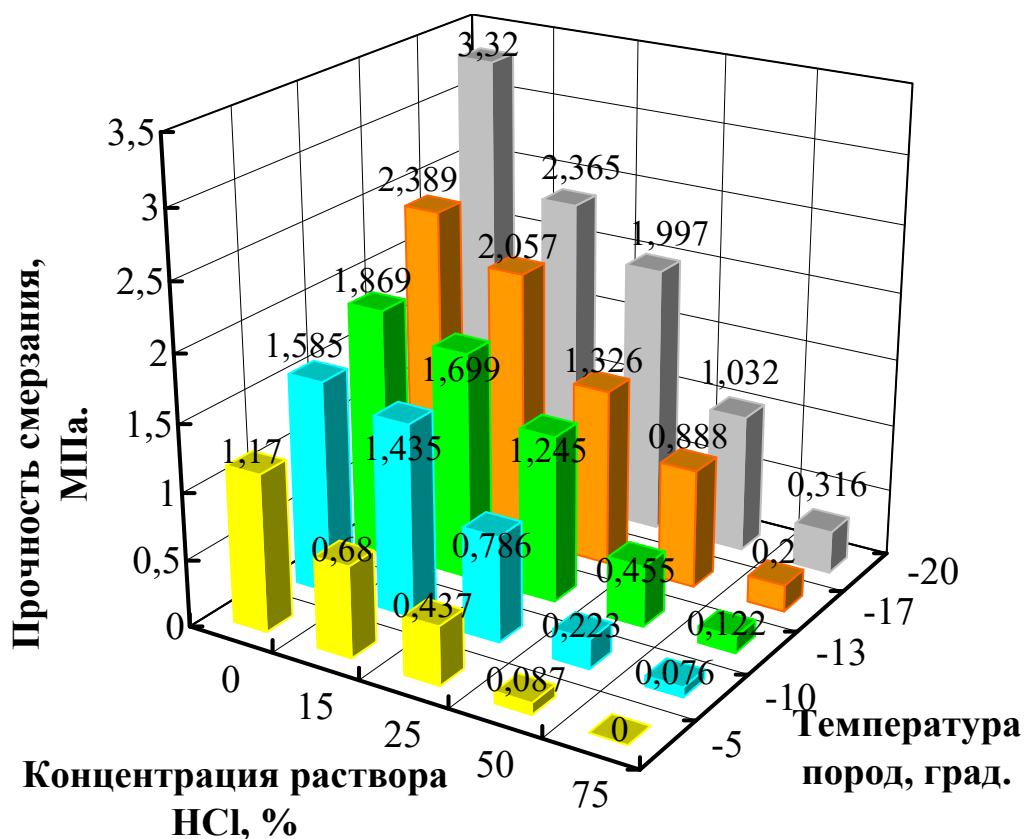


Рис. 2. Прочность смерзания образцов при изменении температуры и минерализации смораживаемых поверхностей

Сравнение результатов и установление эффективности влияния того или иного способа минерализации представлено в таблице 3.

Таблица 3

**Основные показатели по способам минерализации поровой влаги**

№ п/п	Параметры	Способ применения раствора HCl		
		Насыщение образцов	Увлажнение поверхностей	
1	Тип породы	Песчаник среднезернистый		
2	Влажность, %.	18,6		
3	Прочность смерзания (естеств. сост.), МПа.	-5 <sup>0</sup> С	1,199	1,170
		-10 <sup>0</sup> С	1,717	1,585
		-13 <sup>0</sup> С	2,203	1,869
		-17 <sup>0</sup> С	3,125	2,389
		-20 <sup>0</sup> С	3,347	3,320
4	Концентрация HCl, %.	3	3,2	
	Прочность смерзания (с раствором HCl), МПа.	-5 <sup>0</sup> С	0,217	0,437
		-10 <sup>0</sup> С	0,661	0,786
		-13 <sup>0</sup> С	0,783	1,245
		-17 <sup>0</sup> С	0,962	1,326
		-20 <sup>0</sup> С	1,257	1,997

5	Концентрация HCl, %.	5	6,1
	Прочность смерзания (с раствором HCl), МПа.	-5 <sup>0</sup> С	0,032
		-10 <sup>0</sup> С	0,412
		-13 <sup>0</sup> С	0,458
		-17 <sup>0</sup> С	0,808
		-20 <sup>0</sup> С	0,984
6	Концентрация HCl, %.	10	10,3
	Прочность смерзания (с раствором HCl), МПа.	-5 <sup>0</sup> С	0,0
		-10 <sup>0</sup> С	0,157
		-13 <sup>0</sup> С	0,258
		-17 <sup>0</sup> С	0,447
		-20 <sup>0</sup> С	0,525
7	Расход кислоты на образец 50x50x50мм. при наибольшей концентрации, гр.	1,2	0,225
8	Расход кислоты на 1м <sup>3</sup> , кг.	9,6	1,8

По результатам лабораторных исследований установлено, что при использовании обоих способов - насыщения образцов горных пород и увлажнения смораживаемых поверхностей, уже при малых концентрациях раствора HCl (3-5%) происходит снижение прочности их смерзания. При этом при малых концентрациях раствора HCl большее снижение прочности смерзания происходит при полном насыщении образцов, а с увеличением концентрации раствора, прочность смерзания снижается более интенсивно при способе увлажнения смораживаемых поверхностей. Как показали результаты лабораторных исследований при концентрации раствора HCl до 15% образцы при температуре -5<sup>0</sup>С (средней температуре многолетнемерзлых пород в массиве) не смерзаются.

При сравнительно равных параметрах снижения прочности смерзания, применение способа увлажнения смораживаемых поверхностей образцов уменьшает расход требуемого раствора в 5 раз по отношению к способу их насыщения, с 1,8 кг/м<sup>3</sup> до 0,36 кг/м<sup>3</sup>.

Для условий Кангаласского месторождения минерализация вскрышных пород раствором HCl (3%) позволит снизить прочность смерзания в развале в 5 раз до 0,22-0,5 МПа и обеспечить тем самым бесперебойную работу выемочного оборудования. Технологическое применение каждого из способов определяется температурным режимом и структурными особенностями многолетнемерзлого массива.

Полученные результаты имеют важное значение при разработке методов направленного изменения прочности смерзания взорванных горных пород на месторождениях Севера.

#### Литература

1. Носков Ю.А. Профилактические средства для предотвращения смерзания насыпных грузов // Промышленный транспорт. 1972. №9. С. 26-28.
2. Маталасов С.Ф., Куртуков Я.М. и др. Борьба со смерзаемостью металлургического сырья при перевозке по железным дорогам. М.: Металлургия, 1974. 248 с.
3. Уманский Н.С. Опыт применения антифриза "Биокан" // Горнорудная промышленность. М.: ВИНТИ, 1977. №35. С. 11-15.
4. Ялоха-Ках Х. Исследование способов размораживания и предупреждения смерзаемости сыпучих грузов в ПНР // Промышленный транспорт. 1980. №2. С. 23-26.



5. Роман Л.Т. и др. Формирование прочности мерзлых засоленных грунтов // Ежегодн. науч. конф. «Ломоносовские чтения». Москва, 23-29 апр., 1996. М., 1996. С.138-139.

6. Hivon E.G., Sego D.S. Прочность мерзлых засоленных грунтов. Strength of frozen saline soils / Can. Geotechn. J. – 1995. 32, №2. С.336-354.

7. Червинская О.П., Зыков Ю.Д., Фролов А.Д. Особенности засоленных мерзлых грунтов и их электрические и упругие свойства // Криосфера Земли. 1997. №1. С. 69-77.

8. Шишкин Ю.П., Микулевич А.П., Бураков А.М. Экспериментальные исследования безвзрывного разупрочнения многолетнемерзлых пород на алмазоносном месторождении // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. №4. Новосибирск: Наука, 1990. С. 79-84.

## **ОСОБЕННОСТИ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ**

Молодов С.П., Российский государственный геологоразведочный университет,  
г. Москва, molodov@bk.ru

Освоение урановых месторождений Эльнонского горста в Южной Якутии предполагает решение актуальных геоэкологических задач, связанных с хранением радиоактивных отходов горного производства. Некондиционные урановые руды, окколорудные породы с повышенным радиоактивным фоном, следует изолировать в подземном пространстве строящегося горного предприятия.

В настоящее время наиболее надёжным и доступным, по мнению большинства специалистов и учёных, является подземное хранение и захоронение радиоактивных отходов (РАО) в геологических формациях. Выбор места расположения таких хранилищ требует особого обоснования с учётом концентрации РАО, населённости территорий, ценности их для хозяйственной деятельности и пр. Кроме того, должна учитываться пригодность самих геологических формаций и соответствие природных условий для расположения хранилищ РАО.

В качестве вмещающих формаций для хранилищ радиоактивных отходов предлагаются глинистые породы. Разработки и исследования в этой области в основном сосредоточены на залежах глин и аргиллитов. Для них свойственны пластичность, очень низкая проницаемость, высокая сорбционная способность и низкая растворимость.

В мировой практике (США, Канада, Германия и др.) в настоящее время широко распространён метод подземной изоляции РАО в слабопроницаемые геологические формации. При этом используют многобарьерную систему подземной изоляции РАО, включающую естественные (геологические) и искусственные (инженерные) барьеры. Основным считается геологический барьер, в качестве которого рассматриваются геологические формации, например аргиллитовая.

При выборе горной породы, в которой размещается хранилище РАО, основное внимание уделяется трём факторам, которые существенно влияют на размер зоны санитарного отчуждения в рабочем блоке массива, долговечности инженерных барьеров, а также на температурные эффекты в рабочей толще хранилища.

Первый фактор. Горная порода должна отличаться низким содержанием воды и высокой водонепроницаемостью. Поэтому необходимо учитывать такие процессы, как фильтрация подземных вод, подток ювенильных вод, переток воды между водоносными горизонтами по зонам тектонических нарушений, осмос, конвекция и др.

Второй фактор. Необходима совместимость конструкционных материалов, особенно

наружного слоя упаковок РАО, с породой и грунтовой водой.

Третий фактор. Необходимо учитывать температурные условия на границе между упаковкой с РАО и окружающей средой. Температурные эффекты влияют на деформации в окружающем горном массиве и образование трещин, которые приводят к новым притокам воды. При 126 – 160<sup>0</sup>С имеет место освобождение воды, содержащейся в минералах, что приводит к изменению структуры и свойств РАО и породы.

Таким образом, безопасность изоляции РАО на длительное время определяется данными факторами, а также наличием носителя радионуклидов, в качестве которого может выступать главным образом вода. Если породы практически водонепроницаемы, и к упаковкам с РАО нет доступа воды, то даже при разрушении конструкции хранилища и прямом контакте отходов с породой коэффициент диффузии радионуклидов в матрице и в грунте незначителен (около 10-19 кв.см / с) и за миллионы лет радионуклиды переместятся всего на несколько метров.

Например, величина эффективного коэффициента диффузии для раствора Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> составляет:

- в песке -  $3,0 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/с;
- в супеси -  $1,0 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/с;
- в глине -  $1,1 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/с.

Приведенные выше экспериментальные данные по миграции некоторых химических элементов с растворами солей свидетельствуют о высоких изолирующих свойствах глин.

Важным моментом является воздействие давления на величину миграционного потока. Исследования влияния компрессионных сил на массоперенос в глинистых породах показали, что под действием внешней нагрузки происходит падение конвективной составляющей миграционного потока, а значит, уменьшается поток ионов в целом. Так, например нагрузка 0,7-1,0 МПа полностью подавляет поток влаги в каолинитовой глине.

К числу потенциальных недостатков глинистых пород относятся:

- обезвоживание при тепловой нагрузке водных глинистых минералов, что неблагоприятно воздействуют на изменение механических свойств пород;
- присутствие органических веществ и газов;
- проявление трудно прогнозируемых неоднородностей;
- возможные трудности сооружения и сохранения незакреплённых выработок;
- низкая теплопроводность.

Учитывая все вышеизложенное, можно сделать следующий вывод.

Объединенные в геологическую формацию горные породы образуют весьма сложную природную систему, которая всегда является открытой в той или иной степени. Именно отсюда следует, что только системный подход к оценке показателей метода подземной изоляции в целом может правильно подтвердить экологическую безопасность длительного хранения РАО в глинистых формациях.

На территории Республики Саха-Якутия разведаны месторождения глин и глинистых пород.

Месторождение Бурное, где глинистые породы залегают в карстовых полостях, пригодны в качестве изоляционного материала для подземного хранения радиоактивных отходов.

Якокитское месторождение представлено глинами. Глины имеют сравнительно выдержанные качественные показатели, но весьма не выдержаны по мощности слоя. Теоретическими расчетами доказана возможность использования глин для создания инженерных барьеров при длительном хранении РАО.

Доказанная возможность использования глинистого сырья, в качестве изолирующего

материала (инженерного барьера), при хранении радиоактивных отходов, позволит рентабельно осваивать это месторождение и обеспечит рабочими местами население Республики Саха-Якутия в перспективе до 2030г.

УДК 621:551.34(002)

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ШАХТНОЙ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ**

Федорова Л.Л., к.т.н., с.н.с., Куляндин Г.А., м.н.с.,  
Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск, gansic@ykt.ru

Для выбора эффективных технологических схем и повышения безопасности ведения горных работ подземным способом необходима оперативная и достоверная информация о строении и свойствах разрабатываемого массива. Возможность получения такой информации связана с развитием дистанционных геофизических методов. В условиях распространения многолетнемерзлых пород наиболее эффективным и перспективным из них, как показывают исследования последних лет, представляется метод георадиолокации. Основные предпосылки эффективности георадиолокации мёрзлого горного массива – достаточная для оперативной доразведки глубинность, возможность выявления и пространственной локализации зон трещиноватостей, сдвига пластов, обводнения и т.д.

В институте горного дела Севера СО РАН им. Н.В. Черского наряду с успешной разработкой и совершенствованием георадиолокации мерзлых пород с поверхности идут активные исследования, направленные на изучение возможностей применения метода в сложных горно-технологических условиях эксплуатации шахт криолитозоны. Так, ИГДС совместно с заводом Госстандарта России «Эталон» (г. Новосибирск) разработан шахтный георадиолокатор непосредственного отсчета, предназначенный для оперативного обнаружения и локализации нарушений угольных пластов, выявления, прослеживания и определения сплошности рудных тел [1]. Георадиолокатор позволяет производить измерения в пределах реальных глубин 0,5-15 м с дискретностью отсчёта 0,3-0,5 м. Информация об объекте исследований индицируется на цифровом табло в масштабе глубин непосредственно в процессе измерений. Индивидуальные шахтные аккумуляторы обеспечивают работоспособность прибора в течение рабочей смены. Отличительной особенностью разработки является взрывобезопасное портативное исполнение, что немаловажно для его использования в труднопроходимой местности, в специфических условиях эксплуатации шахт, рудников, карьеров.

Для обеспечения шахтной георадиолокации разработана специализированная методика зондирований из горных выработок, основанная на реализации принципа пространственного амплитудно-фазового синтеза сигналов отраженных под разными углами от объекта исследований. По результатам математического моделирования дифракции электромагнитной волны на локальной неоднородности рассчитаны параметры георадиолокационных зондирований, позволяющие оптимизировать количество наблюдений и минимизировать протяженность профиля для качественной локализации неоднородностей по методу синтеза апертуры диаграммы направленности антенн. При этом азимутальное и горизонтальное разрешение локальных неоднородностей массива не хуже длины волны в исследуемой среде, а глубина их распределения по разрезу определяется качеством свертки изображения при пространственной фильтрации. Использование спектрального анализа при обработке данных шахтной георадиолокации и комплексная оценка исследуемого разреза по скоростным и поглощающим характеристикам позволяет интерпретировать не только

геометрическую структуру, но и криогенное состояние пород с оценкой проводящих свойств разреза в целом и по слоям /2/.

Испытания шахтной георадиолокации проведены на рудных месторождениях Северо-Востока Якутии. Георадиолокация применялась в качестве основного метода для выявления локальных рудных проявлений, т.к. в кровле и подошве отработанных камер часто остаются прослойки руды - кварцевые жилы. На месторождении Бадран исследованы возможности применения георадиолокации для выявления и определения пространственной ориентации рудных тел относительно линии наблюдений. На рис. 1 представлен типичный для этих исследований исходный временной георадиолокационный разрез, снятый по непрерывному профилю. Следует уточнить, что представленная информация получена ограниченным, методически оптимизированным, количеством зондирований, ввиду технологических сложностей проведения измерений в ограниченном шахтном пространстве. Выход рудных тел однозначно интерпретируется по динамическим характеристикам первых наведенных сигналов на контакте породы с антеннами. По приведенному профилю выход рудного тела наблюдается на точках зондирования 1-3 и 7-11.

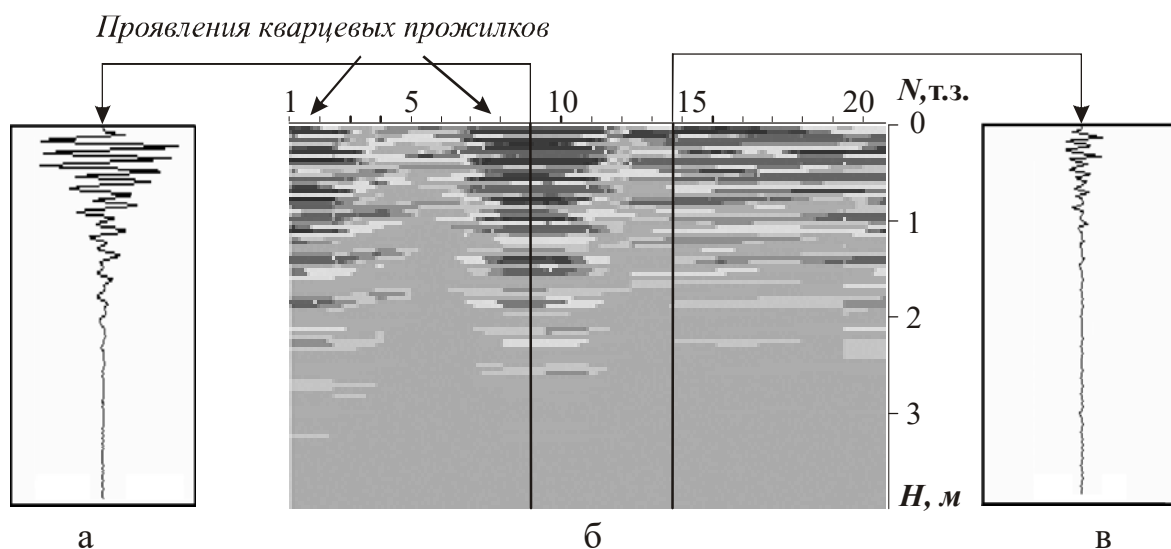


Рис. 1. Результат георадиолокационного исследования вмещающего массива на руднике “Бадран”

- а - сигнал при проявлении кварцевого прожилка
- б - профиль зондирования по подошве камеры 81
- в - сигнал при отсутствии кварцевого прожилка

Для выделения границ слагающих разрез пород данные георадиолокации обрабатывались процедурами подавления регулярных помех и переотражений, коррекции затухания в среде. Преобразование временного разреза в глубинный разрез проводилось по расчетной скорости распространения радиоимпульса, определенной по методике георадиолокационного просвечивания пород – 135 м/мкс. Глубина исследований - 5 м, что достаточно для решения поставленной задачи. Установлено, что результаты проделанной работы достаточны для принятия оперативных и оптимальных технологических решений по методике закладки зарядов для вторичной отбойки руды.

Применение георадиолокации в шахтных исследованиях нерудных месторождений показало эффективность методики при обнаружении кварцевых друз и блоков флогопита. При проходке Северо-Муйского тоннеля георадиолокационными зондированиями в

скальном массиве в пределах дальностей до 50 м определены расстояния до обводненных зон тектонических нарушений /3/.

Разработанная методика георадиолокационных зондирований из горной выработки апробирована на руднике "Интернациональный" для решения актуальных геофизических задач, возникающих в процессе горно-технологических работ. Результаты этих работ показали, что:

- пределы глубин исследования вмещающих пород 0,5-18 м, максимальная дальность георадиолокационного зондирования до границы рудного тела 44 м. Разрешающая способность по промежуточному слою не превышает 0,5 м;

- границы "вмещающая порода - кимберлит" отчетливо прослеживается по простиранию, руда на георадиолокационном разрезе отмечается зонами повышенных поглощений и отсутствием регулярных отражений. Глубина исследований по руде до 10 м. В рудном теле прослеживаются локальные неоднородности (необсаженные скважины) /4/.

Для обеспечения безопасности работ в шахтах и рудниках применяются различные способы крепления. На рудниках Севера в условиях нерегулируемого теплового режима применение теплозащитных набрызгбетонных покрытий существенно уменьшает число циклов замораживания-оттаивания, которые претерпевают поверхностные слои горных пород /5/. Для расчета параметров крепи, а в дальнейшем при эксплуатации, для оценки нагрузки на нее необходимо определить зону расслоения и уменьшения прочности горных пород.

На руднике «Интернациональный» проведены исследования возможностей шахтной георадиолокации в качестве оперативного метода для контроля за состоянием пород под слоем набрызгбетона. Зондирования набрызгбетона проведены георадиолокатором с антенным блоком (АБ) с центральной частотой 700 МГц. На рис. 2 приведен пример результата георадиолокации по свежему набрызгбетону на армировочную сетку. Обработка данных позволила обнаружить сетку в виде чередующихся на георадиолокационном профиле черно-белых проявлений на уровне 2-3 нс (рис. 2а). Расчет толщины слоя набрызгбетона показал, что она по профилю неодинакова и изменяется в пределах 0,09-0,13 м. Сдвиг границы набрызгбетона и породы (рис. 2б) по отношению к этой границе на радарограмме (рис. 2а) объясняется различными скоростями распространения радиоволн в этих средах. Для набрызгбетона скорость составляет 0,086 м/нс, а для породы 0,1 м/нс. На глубине около 0,5 м в массиве отчетливо выявлена неоднородность (рис. 2б). Результаты зондирования набрызгбетона показали возможность георадиолокации через армировочную сетку, при этом максимальная дальность зондирования с АБ-700 составила – 0,7 м. Для детального изучения структуры разреза до глубины 1 м необходима аппаратура с частотой 1,2 ГГц, при этом будут отчетливо прослеживаться мощность набрызгбетонного покрытия, его сцепление с массивом, отслоение, обводнение и т.д. Структурные неоднородности массива будут прослеживаться более качественно с точной азимутально-пространственной ориентацией.

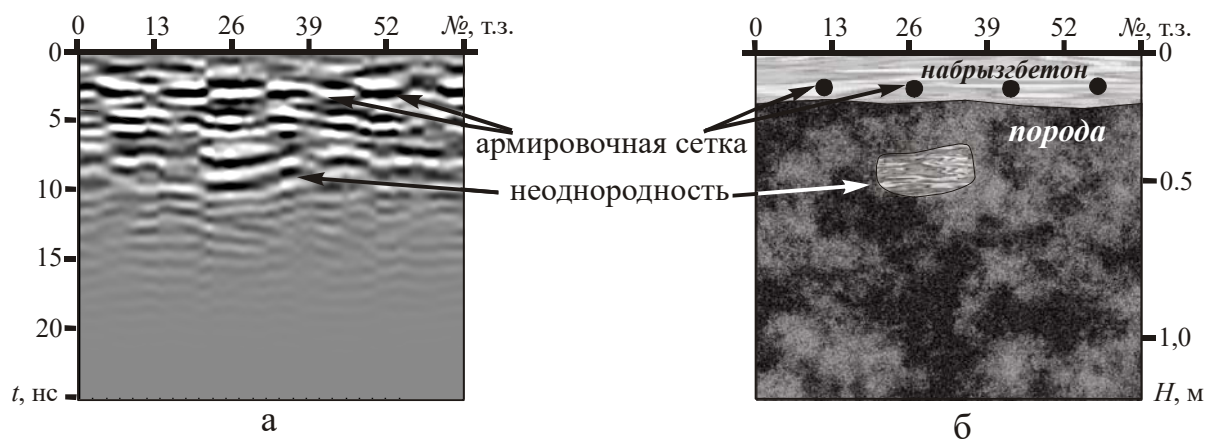


Рис. 2. Фрагмент георадиолокационного профиля (а) и результат интерпретации данных (б) зондирований набрызгбетона (рудник «Интернациональный»)

На руднике «Интернациональный», также, проведены экспериментальные георадиолокационные зондирования бетонной закладки. На рис. 3а представлен фрагмент георадиолокационного профиля, полученного при измерениях по левому борту выработки. По отраженным сигналам на уровне 116 нс четко прослеживается основная граница «закладка-порода» (рис. 3б). Уровень амплитудных характеристик этих сигналов по всей протяженности профиля неодинаков, что говорит о неравномерной плотности контакта закладки с породой. Более высокие амплитуды отраженных сигналов характеризуют наличие воздуха между закладкой и массивом пород. Дальность до этой границы рассчитана по скорости 0,086 м/нс и составляет около 5 м, что соответствует данным инженерных служб рудника о мощности закладки. Кроме того, по данным георадиолокационных зондирований выявляются неоднородности как в самой бетонной закладке, связанные с характером ее заполнения, так и неоднородности рудного тела (рис. 3в).

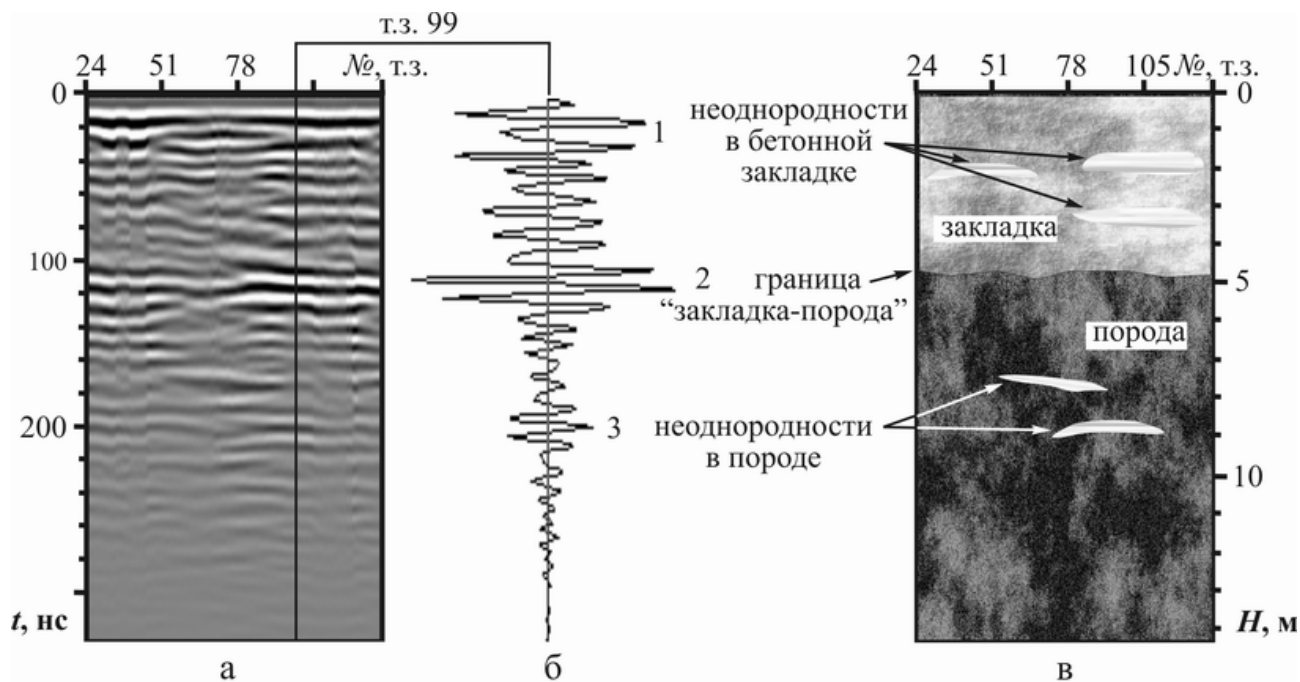


Рис. 3. Результат георадиолокационных зондирований бетонной закладки по борту выработки на руднике «Интернациональный»  
 а - фрагмент радиолокационного профиля 308\_008  
 б - сигнал на точке зондирования №99  
 в - интерпретация фрагмента профиля 308\_008

Опытные-методические работы с целью исследования возможностей применения георадиолокации для прогнозирования строения и нарушенности угольного пласта и вмещающих пород проведены на шахте «Денисовская» (г. Нерюнгри). Дальность георадиолокационных зондирований вдоль напластования составила более 20 м, при этом уверенно прослежены неоднородности угольного пласта. Установлено, что кровля горной выработки зондируется по нормали на дальность до 13 м, при этом разделяются блоки нарушенных, ненарушенных пород. На рис. 4а представлен георадиолокационный разрез, полученный при зондировании по кровле выработки на участке большого нарушения угольного пласта со смещением вниз на 6 м. По всей площади профиля прослеживаются различные неоднородности. Спектр этого георадиолокационного профиля визуально более информативный (рис. 4б). На нем отчетливо видны области пониженной энергии, которые соответствуют границам нарушенности угольного пласта. По спектру сигнала на точке зондирования 6 областям нарушений соответствуют понижения энергии, вплоть до нуля. Однородным областям соответствуют участки с различными значениями энергии, как правило, далекие от нулевого значения.

Проведенные исследования показали, что применение георадиолокации при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом целесообразно при прогнозировании строения и нарушенности мёрзлого горного массива в процессе отработки месторождений и для опережающего контроля за полнотой отработки продуктивного горизонта.

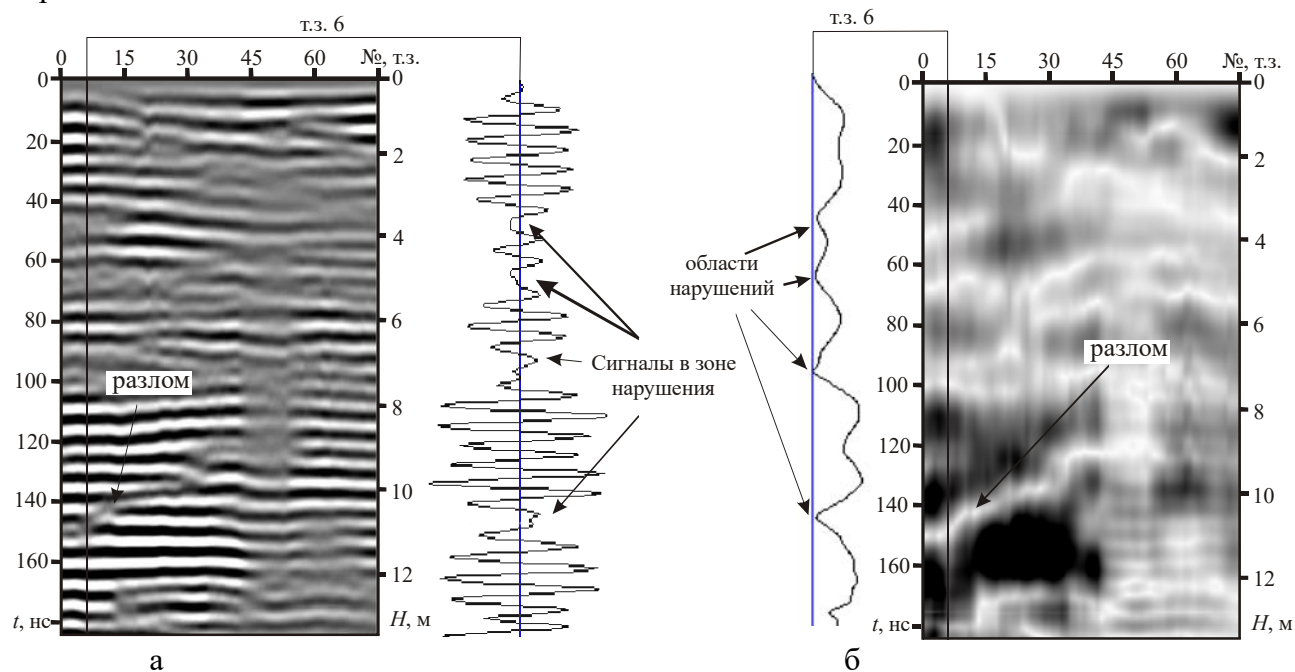


Рис. 4. Профиль 169\_001 по кровле, участок - “большое нарушение”, конвейерный штрек №1

а - георадиолокационный профиль 169\_001

б - спектр георадиолокационного профиля 169\_001

Использование шахтной георадиолокации позволит своевременно и эффективно проводить обследование и последующие профилактические работы по поддержанию в работоспособном состоянии сети капитальных горных выработок, стволов.

#### Литература

1. Омеляненко А.В. Шахтный георадиолокатор непосредственного отсчета. Якутск: ЦНТИ, 1993.

2. Омеляненко А.В., Федорова Л.Л. Горно-геофизические исследования методом георадиолокации // Наука и образование. Якутск, 2000. №4. С.44-47.
3. Омеляненко А.В., Федорова Л.Л. Георадиолокация месторождений криолитозоны в режиме мониторинга // Известия Международной Академии наук высш. школы. 2003. № 23. Т.1. С.183-192.
4. Омеляненко А.В., Федорова Л.Л. Инженерная георадиолокация в условиях криолитозоны // Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны: Труды Междунар. научно-практич. конф. (Якутск, 14-17 июня 2005г.). Т.2. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2005. С.96-101.
5. Галкин А.Ф., Киселев В.В., Курилко А.С. Набрызгбетонная теплозащитная крепь. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. 164 с.

УДК 551.24:550.34(571.56)

### **КОНВЕРГЕНЦИЯ ПЛИТ И БЛОКОВ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Имаев В.С., д.г.-м.н., Имаева Л.П., к.г.-м.н.,  
Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск  
Козьмин Б.М., к.г.-м.н.,

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск

Многолетние геолого-геофизические исследования на юге Сибири, выявили ряд сейсмогенных структур, развитых в области взаимодействия Евразийской и Амурской литосферных плит, которая представлена широкой (до 400 км) субширотной полосой сейсмичности в пределах Лено-Амурского междуречья, следящейся на расстоянии более 2000 км между 50° и 60° с.ш. из Северной Монголии и оз. Байкал к Охотскому морю [2, 4, 5].

Северной границей этой области является Байкало-Становой сейсмический пояс, вытянутый от Байкала вдоль южной границы Сибирской платформы через систему кайнозойских впадин Станового нагорья в Забайкалье, Становой хребет и примыкающее к нему с севера Алдано-Учурского плато в Южной Якутии к Охотскому морю. В пределах этого пояса выделяются Байкальская рифтовая зона на западе и продолжающая ее от р.Олекмы на восток к Удской губе Охотского моря Олекмо-Становая сейсмическая зона. За последние 30 лет инструментальных наблюдений в Байкальском рифте произошло свыше 100 тыс. землетрясений, которые группировались в узкой (до 80 км) полосе [5, 8]. В Олекмо-Становой зоне за этот же период зарегистрировано около 20 тысяч сейсмических событий, при этом проявления сейсмичности наблюдались в более широкой (до 200 км) области [6].

Южной границей названной зоны взаимодействия служит полоса эпицентров землетрясений, которая протягивается из Северной Монголии через совокупность поднятий и опусканий в Восточном Забайкалье вдоль хребтов Тукурингра-Соктахан-Джагды в Приамурье к Охотскому морю [7, 8]. Наиболее активна здесь Тукурингра-Джагдинская сейсмическая зона, расположенная между 52 и 55° с. ш. и восточнее 120° в.д., которая отстоит на 200 км южнее Олекмо-Становой зоны и параллельна ей. За последние 40 лет в её пределах зарегистрировано более 5 тыс. землетрясений [2, 5, 6].

Третья неширокая Темулякит-Джелтулакская полоса сейсмичности пересекает рассматриваемый регион в субдолготном (северо-западном) направлении между 118° и 125° в.д. от р. Лены вдоль р. Олекмы и её правого притока Нюкжи к долине р. Амур, разделяя зону взаимодействия плит на два блока: Забайкальский - от оз. Байкал до р. Олекмы и



Становой - от р. Олекмы до Охотского моря (рисунок). Общее число отмеченных здесь за 30 лет событий близко к 2 тысячам [5, 6].

Если представить столкновение крупных литосферных плит в виде ледохода, то рассматриваемая область взаимодействия между ними похожа на полосу торошения мелких льдин между сталкивающимися крупными льдинами. При этом, небольшие льдины могут испытывать проворачивание, наплзание друг на друга, получать разнонаправленный импульс движения и др. Рассмотрим особенности современных сейсмотектонических процессов, которые имеют место на границах выделенных блоков.

Забайкальский блок занимает Селенгино-Витимский регион поднятий (Даурское, Олекмо-Становое и др.) и прогибов (Витимо-Селенгинский, Агинский и др.). Своды, их перегибы и межгорные впадины составляют структурную основу этого блока. Своды чередуются с межгорными впадинами, выполненными верхнемезозойскими и кайнозойскими континентальными отложениями. С запада и северо-запада Забайкальский блок ограничен системой сбросов Байкальского рифта, а с юго-востока - краевыми разломами Монголо-Охотского пояса. По мнению ряда исследователей [3, 5, 8], механизм развития Забайкальского блока обусловлен его неравномерным смещением на юго-восток от Байкала под воздействием субгоризонтального сжатия, которое и вызывает линейное коробление приповерхностных частей земной коры. Наибольший уровень сейсмичности отмечен в краевых частях Забайкальского блока, а его внутреннее пространство заполнено диффузной сейсмичностью в виде отдельных групп слабых землетрясений.

Становой блок сформировался в результате мезозойской тектоно-магматической активизации, способствовавшей образованию нескольких протяженных структурных поясов, параллельных друг другу, которые наложился на гетерогенный раннедевонский фундамент [2, 5]. Они представлены поясом гранодиоритовых батолитов Станового хребта, системой Южно-Алданских впадин, выполненными мощными (до 5 км) угленосными толщами юры и мела, субщелочными и щелочными вулканическими и интрузивными образованиями триасово-раннемелового возраста, широко распространенными на южной окраине Алданского щита. Указанные зоны мезозойской тектоно-магматической активизации, пространственно связанные друг с другом и с расположенной южнее Станового хребта Монголо-Охотской складчатой системой, в совокупности соответствуют активной континентальной окраине мезозойского возраста. Складчатая структура Монголо-Охотской системы в свою очередь возникла в результате столкновения Буреинского массива с Алдано-Становым блоком в позднеюрско-раннемеловое время [2, 4, 5].

Северной границей Станового блока является Олекмо-Становая сейсмическая зона, которая приурочена к области сочленения Алданского щита Сибирской платформы с северной окраиной Джугджуро-Становой складчатой области позднеархейско-раннепротерозойского возраста, разделенных Становым краевым швом [2, 3, 5, 7].

Неотектонический план этой территории на западе представлен северо-восточным окончанием Байкальского рифта (Чарская и Верхнетоккинская впадины, ограниченные сбросами, с обрамляющими их альпинотипными хребтами Кодар и Удокан). В восточной части в междуречье Олекмы и Учуря выделяется система горных поднятий высотой 1500-2300 м субширотного простирания, где южную часть занимает поднятие Станового хребта со среднегорным рельефом (1500-1600м), а северную - Алдано-Учурское плато. Наиболее крупными складчатыми сооружениями, примыкающими с севера к Становому хр., являются кряж Зверева (1800-2000м) на западном и Токинский Становик (2100-2300м) на его восточном флангах. В пределах Токинского Становика известно поле (около 200 км<sup>2</sup>) щелочных базальтов плейстоценового возраста, где отмечено около 20 вулканических

аппаратов центрального типа [2, 5, 9]. Южно-Алданская система впадин включает самые крупные Чульманскую и Токинскую впадины и около 20 меньших прогибов и грабен, которые следятся вдоль южной окраины Алданского щита параллельно Становому поднятию. Их южными ограничениями являются надвиги (Южно-Чульманский, Южно-Токинский и др.), по которым архейские образования южной окраины Алданского щита надвинуты на мезозойские отложения впадин.

Область сочленения Алданского щита и Джугджуро-Становой области приходится на зону влияния Станового краевого шва, состоящего из системы субпараллельных разломов с опережающими разрывами и имеющего ширину несколько десятков км. Становой шов унаследованно развивался, начиная с архея, и не потерял тектонической активности до настоящего времени [2, 5]. Землетрясения Олекмо-Становой зоны тяготеют, главным образом, к разломам Станового структурного шва и примыкающей к нему с севера диагональной сетке разломов северо-восточного и северо-западного простираний, развитых на Алданском щите [2, 5, 6].

Монголо-Охотский линеамент, ограничивающий Становой блок с юга, наследует древнюю краевую шовную зону и разделяет территорию каледонской и карельской складчатости Забайкалья и Станового хребта от герцинских и мезозойских структур Монголо-Охотского складчатого пояса. Его простирание на западном и восточном фланге - субширотное, а в центральной части - северо-восточное. Непосредственно на южной границе Станового блока располагается восточное окончание Монголо-Охотского линеамента - Тукурингра-Джагдинское сводово-блоковое поднятие. Пространственно в нем выделяются поднятия хребтов Тукурингра, Соктахан и Джагды с абсолютными высотами до 1600 м. Протяженность поднятия - почти 600 км при ширине до 80 км. С севера и юга Тукурингра-Джагдинское поднятие ограничено Северо- и Южно-Тукурингрской зонами разломов - наиболее активизированными ветвями Монголо-Охотского краевого шва. Их кинематический тип - левые сдвиги и взбросы. Все очаги землетрясений локализованы здесь в пределах названного поднятия и тяготеют к указанным сейсмогенным разломам и их оперениям [5, 6, 7].

Субдолготная Темулякит-Джелтулакская сейсмическая зона, трассируемая от р. Лены через бассейн р. Олекмы к р. Амуру, в северной части (северо-восточный фланг хр. Удокан; верховья р. Тас-Миеле) тяготеет к системе Темулякитского дизъюнктива, следящегося вдоль р. Олекмы до устья р. Нюкжи, а на юго-востоке стыкуется с Северо-Тукурингрским разломом [5, 6].

Внутреннюю часть Станового блока между Становым и Тукурингра-Джагдинским поднятиями от бассейна р. Нюкжи до верховьев р. Зеи занимает Тукурингра-Становое межгорное понижение с высотами 600-900 м. Эта морфоструктура характеризуется небольшим темпом новейших тектонических движений и слабой сейсмичностью [7].

Для оценки напряженного состояния земной коры на границах Станового блока за 40-летний период инструментальных наблюдений были изучены фокальные механизмы сильных землетрясений с магнитудой  $M \geq 5$ , рассчитанные по данным первых вступлений в объёмных сейсмических волнах (рис. 1). Их анализ для северной границы Станового блока показал, что при переходе от Байкальского рифта к Олекмо-Становой зоне в районе среднего течения р. Олекмы наблюдается инверсия «байкальского» поля тектонических напряжений на «становое». Система напряжений «байкальского» типа (растягивающие усилия ориентированы ортогонально к простиранию геологических структур) сохраняется лишь для крайне западных участков Олекмо-Становой зоны, граничащих с Байкальским рифтом (левобережье р. Олекмы), где для землетрясений 1958, 1967, 1972, 1997 и 2005 гг. отмечены

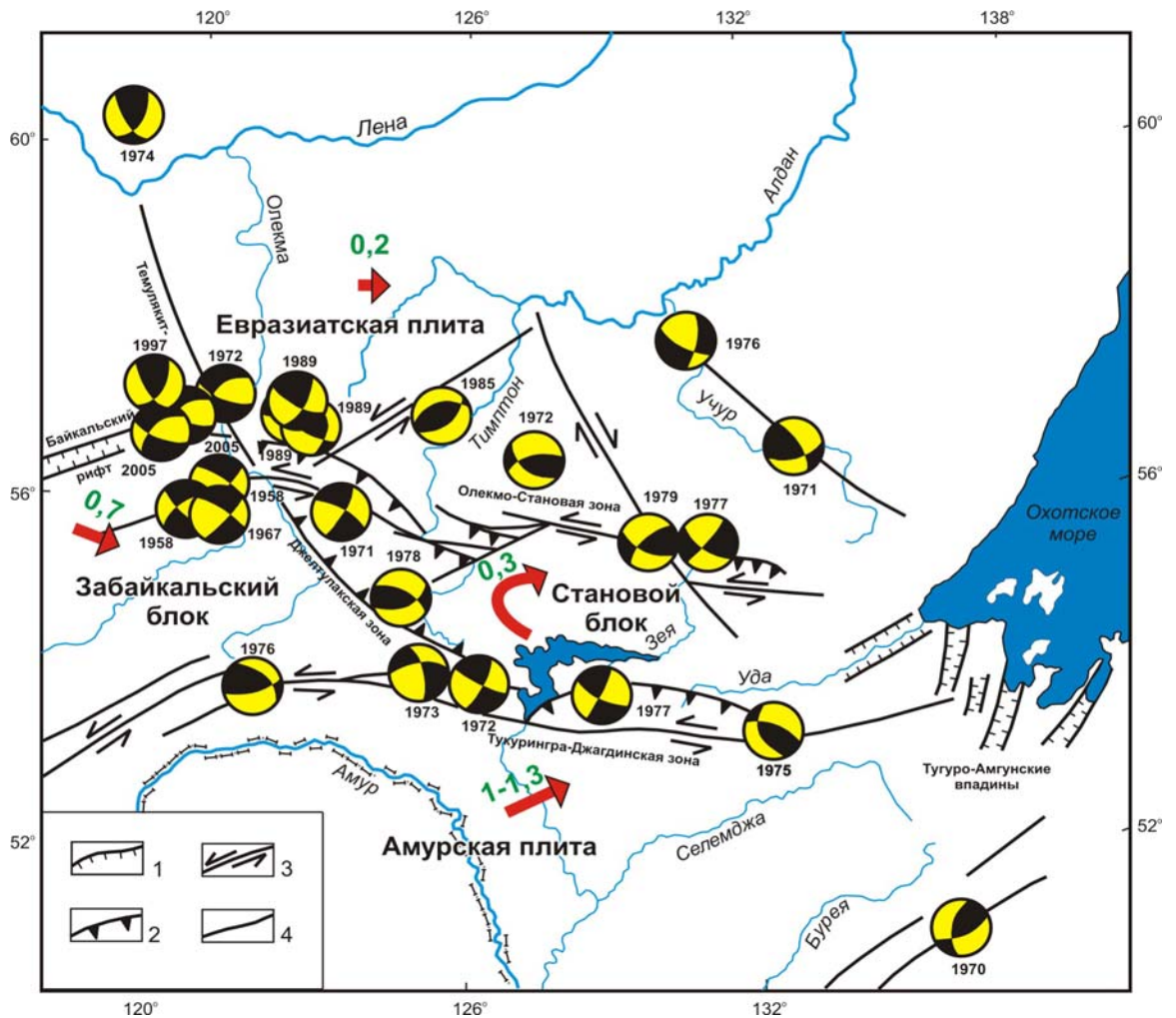


Рис. 1. Схема взаимодействия Евразийской и Амурской литосферных плит на юге Восточной Сибири и Дальнем Востоке России

1-4 - разрывные нарушения: 1- сбросы, 2- сдвиги, 3- взбросы и надвиги, 4- неустановленной кинематики. В круговых диаграммах приведены решения фокальных механизмов землетрясений (желтым цветом обозначены области действия напряжений сжатия, черным - растяжения), рядом проставлен год возникновения землетрясения. Утолщенными красными стрелками показаны направление и величина скорости движения отдельных плит и блоков

сбросо-сдвиговые подвижки в их очагах. На правом берегу р. Олекмы и восточнее наблюдается «становое» поле тектонических напряжений, где напряжения сжатия близгоризонтальны и действуют под углом или вкрест простирания местных структур. Здесь в очагах местных землетрясений преобладают смещения типа левого сдвига, взброса и надвига. На это, например, указывает фокальный механизм сильного Южно-Якутского землетрясения 1989 г. и его афтершоков [5, 6]. Данные факты свидетельствуют, что рифтинг Байкальской зоны заканчивается на левобережье р. Олекмы и сменяется конвергентным процессом в Олекмо-Становой зоне, возникшим в результате сближения Евразийской и Амурской литосферных плит.

На южной границе Станового блока (восточное окончание Монголо-Охотского шва) в очагах землетрясений преобладают левосдвиговые (толчки 1972, 1973, 1976 и 1977 гг.), а также взбросовые и надвиговые (1975 г.) подвижки. Вектор сжатия здесь ориентирован в северо-восточном направлении.

Фокальные механизмы землетрясений на западной границе Станового блока указывают на взбросовые смещения в их очагах (событие 1978 г.).

В большинстве случаев параметры фокальных механизмов сильных землетрясений, полученных из круговых диаграмм, подтверждают морфо-кинематическую характеристику разломов, выявленных по геолого-структурным и морфологическим признакам, к зонам влияния которых приурочены гипоцентры рассмотренных подземных толчков.

Таким образом, современная геодинамика на юге Сибирской платформы с примыкающими к ней горными сооружениями в Южной Якутии и Приамурье отражает условия взаимодействия двух крупных литосферных плит, которые сближаются в северо-восточном направлении: малоподвижной Евразийской (скорость перемещения в восточном направлении 0,2 см/год) и более мобильной Амурской (скорость близка к 1–1,3 см/год при её движении к северо-востоку) [11]. Наибольшая концентрация землетрясений в виде сейсмических поясов и зон (Байкальский рифт, Олекмо–Становая и Тукурингро–Джагдинская зоны и др.) наблюдается в краевых частях этой контактной области вдоль системы сбросов Байкальского рифта, сдвигов и надвигов Станового и Монголо–Охотского разломов. Территорию между названными системами краевых швов диффузно заполняют слабые сейсмические события, что подтверждает существование этой единой области, затронутой активными сейсмотектоническими процессами. На основе пространственного группирования сейсмичности в пределах области взаимодействия плит выделяется два блока: Забайкальский и Становой. Первый – под влиянием «байкальского» поля тектонических напряжений смещается на юго-восток относительно Сибирской платформы со скоростями 0,5–0,7 см/год (данным GPS-наблюдений [10]). Становой блок, зажаты между Евразийской, Амурской, Охотоморской плитами и Забайкальским блоком [2, 4, 5, 11], как бы перемещается вокруг своей оси по часовой стрелке относительно Евразийской плиты со скоростями 0,2–0,3 см/год (линейно-угловые геодезические измерения на Олекминском геодинамическом полигоне [1]). Обстановка сжатия, характерная для Станового блока, формирует на его границах определенные парагенезисы активных разломов (сопряженные в системе Станого шва: Верхне–Алданский сдвиг и Южно–Чульманский надвиг, Майский (Авгенкурский) сдвиг и Южно–Токинский надвиг, а в пределах Монголо–Охотского шва – система левых Северо– и Южно–Тукурингрского сдвига–взбросов).

Рельеф на границах Станового блока выражен, в основном, горными поднятиями. Лишь на его восточном фланге в районе Удской губы Охотского моря существуют условия растяжения, где в силу отставания Станового блока от соседней Охотоморской плиты возникла группа Тугуро–Амгунских впадин. Как правило, к границам блока также тяготеют аномалии геофизических полей [5].

Установленные закономерности в проявлении сейсмичности, характере полей тектонических напряжений и развитии определенных парагенезисов разломов, возникших на границах литосферных плит, определяют мозаику плит и блоков, которые образовались при поступательном движении Амурской плиты к северо-востоку относительно Сибирской платформы (Евразийская плита). Наряду с крупными плитами, здесь сформировались отдельные мини-блоки, которые подвергаются сжатию со скольжением в области столкновения плит, испытывая при этом смещение к юго-востоку (Забайкальский блок) в результате рифтогенных процессов и вращение (Становой блок) в условиях конвергенции плит. Движение Амурской плиты в северо-восточном направлении обуславливает также развитие в её фронтальной части (Нижнее Приамурье) крупнейшей право-сдвиговой системы Тан-Лу [5], служащей восточным ограничением Амурской плиты.

В итоге, использование комплекса сейсмотектонических исследований позволяет выявить особенности современной геодинамики на юге Сибири и Дальнего Востока России, раскрыть её природу и пути прогноза дальнейшей эволюции сейсмотектонических процессов, а также дальнейшую динамику возникновения катастрофических землетрясений на территории Южной Якутии.

#### Литература

1. Бочаров Г.В., Замараев Н.Н. Геодезические измерения на геодинамических полигонах Южной Якутии // Геодезия и картография. 1991. № 3. С. 30-34.
2. Геодинамика Олекмо-Становой сейсмической зоны / Парфенов Л.М., Козьмин Б.М., Имаев В.С. и др. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1985. 136 с.
3. Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья / Солоненко В.П., Тресков А.А., Курушин Р.А. и др. М.: Наука, 1966. 230 с.
4. Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А. Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 311 с.
5. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Якутии. М.: ГЕОС, 2000. 226 с.
6. Козьмин Б.М. Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. М.: Наука, 1984. 125 с.
7. Николаев В.В., Семенов Р.М., Солоненко В.П. Сейсмогеология Монголо-Охотского линейного элемента (восточный фланг). Новосибирск: Наука, 1979. 113 с.
8. Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы / Отв. ред. В.П. Солоненко. Новосибирск: Наука, 1977. 304 с.
9. Сейсмотектоника, вулканы и сейсмическое районирование хребта Станового / Николаев В.В., Семенов Р.М., Семенова В.Г., Солоненко В.П. Новосибирск: Наука, 1982. 149 с.
10. Calais E., Lesne O., Deverchere J., San'kov V., Lukhnev A., Miroshnichenko A., Buddo V., Levi K., Zalutzky V., Bashkuev Y. Crustal deformation in the Baikal rift from GPS measurements / Geoph. Res. Lett. 1998, vol.25, № 21, P. 4003-4006.
11. Plate-tectonic map of the Circum-Pacific Region. Circum-Pacific map series. U.S. Geological Survey. 1984.

## СОДЕРЖАНИЕ

ОБРАЩЕНИЕ первого заместителя Председателя Правительства Республики Саха (Якутия), к.т.н. Алексеева Г.Ф. .... 3

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО министра промышленности Республики Саха (Якутия), к.э.н. Голубенко А.В. .... 5

### Пленарное заседание

Алексеев Г.Ф. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ И ГАЗОХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)... 7

Воропай Н.И., Слепцов О.И., Ильковский К.К., Кобылин В.П., Шадрин А.П. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В СОСТАВЕ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЯ ВОСТОКА РОССИИ С УЧЕТОМ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ СТРАНЫ..... 11

Гриб Н.Н., Трофименко С.В., Никитин В.М., Статива А.С. КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ - ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ..... 20

Джурик В.И., Серебренников С.П., Трофименко С.В. К ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ РАЙОНОВ ОСВОЕНИЯ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ..... 25

Егоров Е.Г., Данилов Ю.Г., Егорова И.Е. ОБОСНОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО ПОДХОДА К РАЗВИТИЮ ЭКОНОМИКИ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ..... 29

Зильберман С.М., Самородов Г.И., Кобылин В.П., Кобылин А.В., Седалищев В.А., Ли-Фир-Су Р.П. ПРОТЯЖЕННЫЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ..... 34

Кудрин Б.И. О РЫНОЧНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И МЕТАЛЛУРГИИ РЕСПУБЛИКИ САХА ДО 2050 г..... 38

Максимов Е.П., Никитин В.М. ЦЕНТРАЛЬНО-АЛДАНСКИЙ СУПЕРПРОДУКТИВНЫЙ ЗОЛОТО- И УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН — ПРИОРИТЕТНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ МАСШТАБНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ..... 45

Махно Д.Е., Шадрин А.И., Авдеев А.Н. ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В РЕГИОНАХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА... 50

Хворостина А.А. ВРЕМЯ ВСПОМНИТЬ (К 150-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА).....	53
Петров Н.А. ОСНОВНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ КОНЦЕПЦИИ ПРЕДСТОЯЩЕГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	57
Слепцов О.И., Лыглаев А.В. ДИАГНОСТИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ СТАРЕЮЩИХ БОЛЬШИХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ.....	65
Соколов А.Д., Такайшвили Л.Н. РАЗВИТИЕ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ.....	70
Корякин А.К. РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	78
Ковалев Л.Н., Иванов Г.С., Калашников В.В. МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	83
Gursky E., Laporte R.E., Linkov F., Rossodivita A., Shubnikov E., Trufanov A. INFORMATION SHARING ENVIRONMENT TO MITIGATE DISASTER AND EMERGENCY RISKS IN NEW DEVELOPING REGIONS.....	84
<b><u>Секция 1. Проблемы и перспективы освоения месторождений полезных ископаемых Якутии</u></b>	
Аубакиров Ж.Ж. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФОНДЫ АВТОБАЗЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АВТОТРАНСПОРТА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	90
Баракаева И.Д. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗУБОЖИВАНИЕ КАК ДВА ПРОЦЕССА ПОТЕРИ КАЧЕСТВА.....	92
Бычев М.И., Петрова Г.И., Голубенко А.В. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ УГЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	98
Ворсина Е.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА МАЛЫХ РАЗРЕЗАХ СЕВЕРА.....	101
Вычужин Т.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРОВ.....	103
Герике Б.Л., Герике П.Б. ВИБРОДИАГНОСТИКА ГЛАВНЫХ ПРИВОДОВ БУРОВЫХ СТАНКОВ.....	107

Говоров Р.С. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	110
Гриб Н.Н., Вдовиченко В.И., Литвиненко А.В. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ.....	113
Григорьев В.П. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	119
Григорьев В.П. НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ УРАНОВЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	123
Дворник Г.П., Кискин В.А. МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ, МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ИЗ ОКИСЛЕННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИЖНЕЯКОКИТСКОГО ПОЛЯ (АЛДАНСКИЙ ЩИТ).....	127
Добровольский Г.Н. БУРОВЗРЫВНАЯ ПОДГОТОВКА СВЯЗНЫХ И СКАЛЬНЫХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД.....	132
Ермаков С.А., Бураков А.М., Батугина Н.С. К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗАПАСОВ В КОНТУРАХ МЕЖДУ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ РАЗРЕЗАМИ.....	135
Ермаков С.А., Хосоев Д.В. ОЦЕНКА ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ.....	140
Зарипова С.Н. ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ СЕВЕРА.....	145
Зарипова С.Н. ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС КАК ОБЪЕКТ ОПТИМИЗАЦИИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА.....	151
Иудин М.М. ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ НА РУДНИКАХ СЕВЕРА.....	154
Кузьменко С.В. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛДАНСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА.....	157
Марков В.С., Никулин Е.В., Хабытов А.С. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА.....	162



Панишев С.В., Ермаков С.А., Осипова Н.Ф. ТЕХНОЛОГИЯ ВНУТРЕННЕГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ С СОЗДАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОТВАЛЬНЫХ ЕМКостей.....	166
Розентуль А.П. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В КОНСТРУКЦИЯХ ГОРНЫХ МАШИН.....	170
Слепцов В.И., Марков В.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ.....	173
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Солошенко А.А.</span> , Скоморошко Ю.Н. РАЗРАБОТКА ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ КРОВЛИ ПЛАСТА «ПЯТИМЕТРОВЫЙ» НЕРЮНГРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ И ОБРУШАЕМОСТИ.....	177
Столяров А.М., Никифорова В.В. ТЕНДЕНЦИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	182
Федорова А.Ф., Шиц Е.Ю., Портнягин А.С. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ ИРЕЛЯХСКОГО ГНМ И ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННОГО АГЕНТА ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ.....	185
Федорова А.Ф., Шиц Е.Ю., Портнягин А.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЗАВОДНЕНИЯ НА ИРЕЛЯХСКОМ ГНМ.....	189
Черепанов А.Ю., Необутов Г.П., Петров Д.Н. УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ПЛАСТА К <sub>4</sub> ПОЛЯ ШАХТЫ «ДЕНИСОВСКАЯ».....	194
Шувалов Ю.В., Никулин А.Н., Гаспарьян Н.А., Смирнов Ю.Д., Каменский А.А. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	198
Васильев П.Н. КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	203
Захарова М.И., Лыглаев А.В., Большаков А.М. ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ ПРОЦЕССА АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА.....	207

Ноговицын Д.Д., Шеина З.М., Сергеева Л.П. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ГЭС НА РЕКЕ ТИМПТОН.....	212
Шадрин А.П., Кузьмин А.Н. ПРЕДПОСЫЛКИ ДОБЫЧИ УРАНА НА ЮГЕ ЯКУТИИ	215
Слепцов О.И., Капитонова Т.А., Стручкова Г.П., Слепцов Р.О. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	218

**Секция 2. Обогащение полезных ископаемых и переработка минерального сырья**

Калачева Л.П., Шиц Е.Ю., Федорова А.Ф. РАСЧЕТ ОБЪЕМА ГАЗА В ГИДРАТАХ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РС (Я).....	222
Иванова И.К., Шиц Е.Ю. ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСАДКОВ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ ИРЕЛЯХСКОГО ГНМ.....	226
Леонов А.М. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИИ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ.....	227
Москаленко Т.В., Петрова Г.И., Леонов А.М., Данилов О.С. ВЗАИМОСВЯЗЬ БРИКЕТИРУЕМОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ.....	229
Семенов М.Е., Калачева Л.П., Шишкин А.С. КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ.....	232
Сивцева А.В., Степанова К.В. ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ ОТХОДОВ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ TiO <sub>2</sub> (НА ПРИМЕРЕ ТРУБКИ «МИР»)	236
Степанова К.В., Степанов В.Е., Сивцева А.В. РАДИАЦИОННОЕ КАЧЕСТВО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ИЗ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ.....	239
Данилов О.С. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРУ БУРОУГОЛЬНОГО КАРБОНИЗАТА.....	242

**Секция 3. Инвестиционные аспекты освоения новых  
месторождений и реорганизация действующих предприятий  
добывающей отрасли**

Дронов В.Н., Акименко В.В., Пазынич А.Ю. ПЕРСПЕКТИВА ЗАМЕНЫ ШТАТНЫХ ВВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕДВИЖНОЙ СМЕСИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	246
Егоров И.К. ИННОВАЦИОННАЯ РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫЙ КОЛЕСНЫЙ СКРЕПЕР.....	250
Мординова М.А. О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В РАЗВИТИИ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	255
Федорова Н.А. ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	258
Бурцев Н.Н., Миронов А.С., Филиппов Д.В. ИНВЕСТИЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	263

**Секция 4. Состояние и проблемы геологического изучения недр и  
воспроизводства минерально-сырьевой базы**

Алексеев В.П., Швецов В.М. О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЛОКАЛИЗАЦИИ ГОРИЗОНТОВ С ПОВЫШЕННОЙ УГЛЕНАСЫЩЕННОСТЬЮ В ЮРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЕВРАЗИИ: К НАУЧНОМУ ОБОСНОВАНИЮ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	269
Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н. ЗОЛОТО-УРАНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЬКОНСКОГО ГОРСТА (ЦАЛДАН), ТИПЫ РУД, ГЕОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ.....	273
Бычев Р.М. К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ.....	277
Десяткин А.С., Черников А.Г. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ.....	281
Жижин В.И., Подъячев Б.П., Избеков Э.Д., Бикбаева Т.В. НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПЕРСПЕКТИВАХ РУДОНОСНОСТИ ОЛОНДИНСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА.....	287
Иванов Н.Н. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СПОРНОЕ».....	290

Колодезников И.И. ПРОБЛЕМЫ АЛМАЗОНОСТИ АЛДАНСКОГО ЩИТА, ЮГО-ВОСТОКА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И СЕТТЕ-ДАБАНА.....	293
Мишин Н.И., Панфилов А.Л. ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РАЗЛОМА.....	296
Ним Ю.А. ДИСПЕРСИОННАЯ МОДЕЛЬ СКВАЖИННО-ШАХТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ.....	301
Павлов А.Г., Филиппов В.Р. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	306
Попов Г.И., Скрябин Р.М., Шерстов В.А. О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ ШУРФОВ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ.....	312
Рукович В.Н., Колодезников И.И. ДОМЕЗОЗОЙСКИЙ МАГМАТИЗМ ИНДИГИРОКОЛЫМСКОГО РЕГИОНА.....	316
Фарбер М.Р., Кулагина Л.А. ДЕСТРУКТИВНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ВЕРХОЯНОКОЛЫМСКОЙ ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ.....	320
Фарбер М.Р., Кулагина Л.А. СТРОЕНИЕ ДЕСТРУКТИВНЫХ ЗОН ВЕРХОЯНОКОЛЫМСКОЙ ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ.....	322
Черников А.Г., Гриб Н.Н., Исаев Ю.С. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МАРКОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МАССИВА ПОРОД В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА.....	324
Шепелева Я.П., Семенов В.П. РАННЕЮРСКИЙ МАГМАТИЗМ ЮЖНОГО ВЕРХОЯНЬЯ.....	332
Матвеев А.И., Лебедев И.Ф., Габышев В.Д. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЬНОЙ РУДООБОГАТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КРУПНООБЪЕМНОМ ОПРОБОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ОДОЛГО».....	335
Шубин Г.В., Кирюшин Д.И., Авдеев К.Ю., Черных Е.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУБКИ «УДАЧНАЯ» МЕТОДАМИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	340
Шубин Г.В., Кирюшин Д.И., Авдеев К.Ю., Черных Е.Н., Басов А.Д. ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ НА КОНТУРЕ ПОДЗЕМНОЙ ВЫРАБОТКИ УЧАСТКА ОППУ РУДНИКА «УДАЧНЫЙ» С ПОМОЩЬЮ СТРУННЫХ ДАТЧИКОВ.....	344

Винокуров А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СМЕРЗАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОРОВОЙ ВЛАГИ.....	347
Молодов С.П. ОСОБЕННОСТИ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ.....	352
Федорова Л.Л., Куляндин Г.А. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ШАХТНОЙ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ.....	354
Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. КОНВЕРГЕНЦИЯ ПЛИТ И БЛОКОВ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ.....	359

## **Южная Якутия – новый этап индустриального развития**

Материалы международной научно-практической конференции  
(24-26 октября 2007 г. Нерюнгри, Россия)

Том I

Печатается в авторской редакции

**Технический редактор Л.В. Николаева**

Подписано в печать 03.10.2007. Формат 60х90/8.  
Бумага тип. №2. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.  
Печ. л. 23,3. Уч.-изд. л. 29,1. Тираж 250 экз. Заказ .  
Издательство ТИ (ф) ЯГУ, 678960, г. Нерюнгри, ул. Кравченко, 16.

---

Отпечатано в ООО «Печатный дом».  
г. Нерюнгри, ул. Южно-Якутская, 22.